УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Ученые записки

Выпуск III



УЛЬЯНОВСК
1950

УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ



Ученые записки

(Выпуск III)



Издательство
«Ульяновская правда»
1951

Р. Е. Левина
доцент, кандидат биологических наук

К ИЗУЧЕНИЮ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ДИКОРАСТУЩИХ КОРМОВЫХ ТРАВ

1. Введение

Семенная продуктивность тех или иных видов дикорастущих растений изучается обычно в связи с вопросом их семенного возобновления (см., например, Богдановская-Гиенэф—4, Каменецкая—10).

Но в тех случаях, когда возникает потребность перенесения каких-либо видов полезных растений из естественных фитоценозов в культуру, изучение семенной продуктивности этих видов приобретает значение самостоятельной проблемы. Само собой разумеется, что изучение семенного размножения растений в природе представляет интерес для решения не только хозяйственных, но и целого ряда общебиологических и ботанико-географических вопросов.

В свете исторических решений Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) о внедрении травопольных севооборотов и трёхлетнем плане развития животноводства, изучение семенной продуктивности кормовых трав, в том числе и дикорастущих, становится насущной задачей.

На Всесоюзном совещании по освоению травопольных севооборотов (февраль 1949 г.) заместитель министра сельского хозяйства Союза ССР академик Лобанов указывал в своём докладе, что для выполнения пятилетнего плана расширения в колхозах площадей под травами требуется разрешить прежде всего, и притом очень быстро, вопрос с производством семян трав (см. Карунин и Шаин — 11). На совещании отмечалось, что в числе мероприятий по восстановлению травосеяния на Украине применялся сбор семян дикорастущих злаковых трав. Академик Лысенко (14), выступавший на том же совещании, подчеркнул, что: «нам необходимо

иметь много семян трав не только для того, чтобы полностью освоить полевые и кормовые севообороты, но и для того, чтобы создать в колхозах и совхозах запасные, страховые фонды семян многолетних трав».

Несомненно, что основную роль в обеспечении наших социалистических полей нужным количеством семян трав должно сыграть повышение урожайности семян в культурных посевах. Тем не менее, использование дикорастущих семенников также будет иметь значение, как для размножения семян в семенных хозяйствах, так и для селекционной работы.

Вот почему изучение семенной продуктивности дикорастущих кормовых трав представляется вопросом большой хозяйственной важности. Не следует упускать из виду и ещё одно обстоятельство. Выявление тех или иных закономерностей семенного размножения растений в природе может подсказать меры повышения урожайности семян тех же видов растений в культуре, т. к. «чем глубже биологическая наука вскрывает закономерности жизни и развития живых тел, тем действеннее агрономическая наука» (Лысенко—15).

В настоящей статье приводятся результаты наблюдений одного, даже неполного, вегетационного сезона 1949 года. Совершенно очевидно, что эти данные не могут претендовать на полноту и не дают оснований для сколько-нибудь широких обобщений. Таким образом, опубликование этих данных и самых ближайших выводов нуждается в специальной мотивировке.

Прежде всего следует подвергнуть обсуждению применявшуюся методику наблюдений. Мною изучалась не только семенная продуктивность в узком смысле слова, иначе говоря, плодовитость избранных видов, но и очень большое внимание было уделено интенсивности различных фенологических фаз и, в конечном счёте, интенсивности созревания и осыпания семян. Каких-либо литературных данных о методике подобных наблюдений в моём распоряжении не было.

В то же время, изучение интенсивности созревания имеет значение не только для правильной организации сбора семян, но и для выявления ранне, средне и позднеспелых форм в пределах вида. Кроме того, та или иная продолжительность периода цветения и пло-

доношения в отдельных случаях может решать судьбу урожая семян (см. Гущин—5).

Как это будет видно из приводимых ниже цифр, во многих случаях, при хорошем развитии генеративных органов, количество продуцируемых семян оказывается незначительным или даже ничтожным (повреждения и др. причины). Опубликование подобных цифр должно предостеречь от ошибок при оценке реального значения природных семенников. Для такой оценки будет недостаточным учёт массовости произрастания вида, даже при условии количественного учёта его генеративных побегов.

Таким образом, автор надеется, что настоящее предварительное сообщение может подсказать решение некоторых вопросов изучения семенной продуктивности в природе.

В деле сбора семян дикорастущих кормовых трав значительную помощь должны оказать коллективы школьников. В связи с этим настоящая статья может быть использована учителями средних школ и руководителями юннатских станций при организации сбора семян в природе.

II. Место и условия работы Программа исследования

Наблюдения проводились в июле и первой половине августа 1949 года на Стрелецком участке Центрально-Чернозёмного заповедника им. проф. В. В. Алёхина[1] (в 20 км к югу от Курска).

На территории заповедника работало большое количество ботаников, что нашло отражение в целом ряде опубликованных работ (Алёхин — 1, Каден — 8, Каменецкая — 10, Покровская — 17, Прозоровский — 18 и др.). Поэтому я считаю лишним давать ботаническую характеристику места работы.

Почвы Стрелецкой степи — мощные, слабо выщелоченные чернозёмы. Более подробную характеристику почв — см. Афанасьева (3).

Метеорологические условия года были своеобразными.

[1] Пользуюсь случаем сердечно благодарить директора заповедника А. Я. Шишова и коллектив научных сотрудников за научное гостеприимство и содействие в работе.

Ниже приводятся цифры, иллюстрирующие отклонения температуры и осадков от средней многолетней по месяцам 1949 года. Цифра со знаком «+» — отклонение в сторону увеличения, со знаком «—» — в сторону уменьшения.

Таблица 1

Метеорологические условия 1949 г. (отклонение от средней многолетней)

Месяцы года / Климатические показатели	I	II	III	IV	V	VI	VII
Температура	+3,9	—0,4	—1,2	—1,8	+2,1	—1,5	—2,0
Осадки	—18,7	—25,1	—10,8	—5,0	—9,8	+44,1	—12,9

Семенная продуктивность изучалась у восьми видов многолетних трав наиболее важных в кормовом отношении и имеющих массовое распространение в заповеднике: райграс высокий, пырей средний, костёр прямой, костёр безостый, клевер красный, клевер средний, эспарцет посевной и люцерна жёлтая.

Все виды, за исключением райграса и клевера среднего, изучались в двух или трёх местообитаниях.

На Стрелецкой степи имеются два участка абсолютно заповедных, которые с 1935 года не подвергаются сенокошению и выпасу: один участок (условно участок № 1) — площадью около 5 га в западной части степи, и другой (участок № 2) — площадью около 150 га в восточной, более возвышенной части степи, удалённой от усадьбы заповедника на 3—4 км. Наблюдения велись на косимой и некосимой степи на рядом расположенных участках. Третье местообитание, где проводились наблюдения, поляны леса «Дуброшина», расположенного в непосредственной близости (менее километра) от степного участка № 1. Леса заповедника, расположенные на плато, — это своеобразные дубравы паркового типа, очень бедные лесными видами. Группы дубов перемежаются с широкими освещёнными полянами, травостой которых по видовому составу близок к степному. В течение последних двух-трёх лет поляны не скашиваются и не стравливаются. Почвенный покров в

изреженных дубняках мало отличается от почв степных участков. Почвы под лесом характеризуются увеличением гумусового горизонта, по сравнению со степными. Особенно больших мощностей гумусовые горизонты чернозёмов достигают на полянах (Афанасьева — 3).

Семенная продуктивность выявлялась не на единицу площади, а на растение, так как представлялось более важным установить продуктивность не данных фитоценозов, а изучавшихся видов растений. Как известно, у многолетников с вегетативным размножением, в частности у злаков, очень трудно установить границы особи, поэтому в большинстве случаев даётся лишь количество семян на один генеративный стебель и соотношение вегетативных и генеративных побегов.

Большое внимание уделялось учёту завязавших, бесплодных и повреждённых цветков, потому что без такого учёта нельзя составить правильного представления о реальной плодовитости растений. В то же время количество цветков в соцветии, на стебле и т. д. говорят о возможной семенной продуктивности вида при более благоприятных условиях развития.

В программу исследования был также включён вопрос интенсивности прохождения отдельных фаз цветения и плодоношения, в частности, энергия созревания и осыпания семян.

Наконец, в лаборатории проверялась всхожесть незрелых семян. Этот вопрос имеет практический интерес для видов с растянутым периодом созревания семян для установления сроков их сбора.

Методика учёта несколько варьировала для различных видов, поэтому она будет дана ниже вместе с результатами исследования. Чтобы сделать цифры, по возможности, наиболее достоверными, средние выводились, как правило, из очень большого числа подсчётов, что можно видеть из приводимых таблиц.

III. Методика и результаты наблюдений

А. Злаки

Для всех видов злаков применялась одинаковая методика учёта. Чтобы выявить относительное количество генеративных стеблей, закладывалась транссекта шириною в 50 см и длиною от одного до нескольких метров

на различных участках данного местообитания. Трансекты закладывались в трёх-четырех-шести местах с различным характером произрастания изучаемого вида: обильным или рассеянным, с преобладанием вегетативных или генеративных стеблей. На площади транссекты подсчитывались все стебли данного вида, как вегетативные, так и генеративные. Закладка транссекты продолжалась до тех пор, пока не насчитывалось не менее 1000 стеблей; поэтому учётная площадь в различных местообитаниях и для различных видов не одинакова.

Подсчёт колосков на стебле в пояснениях не нуждается. При подсчете цветков в колоске, колоски брались с различных стеблей в верхней, средней и нижней частях соцветий. Верхние недоразвитые цветки в колосках не учитывались.

Для учёта относительного количества завязавших цветков также брались колоски с различных стеблей; при этом проверялось от 500 до 2—3 (иногда до 6) тысяч цветков.

Осыпаемость плодов определялась путём повторных подсчётов осыпавшихся колосков на 30—50 стеблях, а затем вычислялся процент осыпавшихся колосков относительно их общего числа.

Во всех местообитаниях бросается в глаза сильная повреждённость колосков пырея и обоих видов костра. Очевидно, поражение вызвано трипсами, так как в колосках костра прямого найден трипс Chirothrips manicatus[1].

Перехожу к изложению и анализу данных по отдельным видам.

1. Райграс высокий. (Arrhenatherum elatius M. et K.)

По данным Касименко (13) райграс высокий может быть отнесён к лучшим кормовым травам, имеющим большое значение в естественном состоянии и в культуре. К почвам нетребователен, хотя и предпочитает богатые; довольно засухоустойчив, хорошо переносит холода. Давно уже введён в культуру. Рекомендуется в травосмесях, так как из-за горьковатого вкуса в чистом виде на пастбище поедается плохо.

---

[1] За определение вредителей приношу благодарность доценту В. В. Кошкину.

Соколова (20), изучавшая дикорастущие кормовые травы заповедника в природе и культуре, отмечает высокую перспективность райграса, благодаря его засухоустойчивости, зимостойкости и высокой урожайности.

Наблюдения над райграсом проводились мною лишь в лесу на открытых полянах, так как в степи этот вид не встречается. Местами он образует в лесу почти чистые заросли, но чаще всего входит в состав злаково-бобово-разнотравной ассоциации, в которой он и наблюдался. Результаты всех подсчётов сведены в таблицах 2, 3 и 4.

Таблица 2

Соотношение вегетативных и генеративных стеблей и семенная продуктивность райграса

Учётная площадь в кв. м	Общее количество стеблей	В том числе генеративных (%%)	Колосков на генеративном стебле	% завязавших цветков	Семян на генеративном стебле
1,8	1032	29,84	54,39	59,40	32,31

Примечание: количество колосков на стебле — среднее из 150 подсчётов, произведенных в разные сроки с 15.VII по 9.VIII.

Данные таблицы 2 несколько противоречат первому впечатлению, которое складывается при наблюдении райграса в травостое. Он выглядит растением хорошо развитым и обильно плодоносящим. Никаких повреждений ни вегетативных, ни генеративных органов не обнаруживается. В действительности же цифры показывают довольно низкий процент генеративных стеблей и невысокий процент завязавших цветков. Из таблицы также видно, что более 1000 стеблей было обнаружено на незначительной площади — менее двух квадратных метров (транссекта закладывалась в трёх местах длиною от 1 до 1,6 метра). Это объясняется наличием в нижних ярусах травостоя очень большого числа вегетирующих стеблей райграса, часто слабо развитых. Отсюда и вытекает низкий процент генеративных стеблей, который не обнаруживается при поверхностном наблюдении.

Для установления количества бесплодных и завязавших цветков было проверено 500 обоеполых цветков из 60 метёлок, собранных в различных участках леса. Относительно низкий процент завязавших цветков, оче-

видно, нужно отнести за счёт неблагоприятных условий опыления: весь июнь и первая половина июля (учёт проводился 15.VII) были очень дождливыми.

Таблица 3

Энергия созревания плодов райграса

Дата учёта	Количество проверенных плодиков	Степень их зрелости (в % от общего числа)		
		молочная	восковая	полная
15.VII	300	17,3	19,7	63,0
18.VII	200	1,0	4,5	94,5

Таблица 4.

Осыпаемость плодов райграса

Показатель \ Дата учета	18.VII	20.VII	25.VII	30.VII	4.VIII	9.VIII
% осыпавшихся колосков[1]	18,72	20,54	41,54	56,29	74,13	91,15

Таблицы 3 и 4 говорят о дружном созревании плодов и довольно растянутом постепенном их осыпании. Оба эти свойства облегчают сбор семян с минимальными потерями. Возможно, что растянутая и постепенная осыпаемость плодов определялась условиями погоды 1949 года. Так, в период наблюдений — с 18.VII по 9.VIII—было 13 дождливых дней с общим количеством осадков — 46,9 мм. Но в то же время, с 20 по 25.VII процент осыпавшихся плодов возрос на 21, хотя в этот период было 3 дождливых дня с количеством осадков 9,1 мм, а в следующую пятидневку без осадков процент осыпаемости возрос лишь на 14,75.

Таким образом, мы не в праве утверждать прямое воздействие осадков на осыпаемость плодов у райграса.

2. **Пырей средний** (Agropyrum intermedium P. B.)

Пырей средний относится к числу хороших кормовых злаков (Невский — 21); Ларин (13) указывает на необходимость испытания его в культуре.

На территории заповедника пырей средний широко

[1] Подсчёт на 30 стеблях.

распространён как в степи, так и в лесу. Вопреки указанию Алёхина (1), в лесу этот вид представлен даже обильнее, чем в степи, но, главным образом, лишь в вегетативном состоянии.

Наблюдения проводились в степи косимой и некосимой (участок № 1)[1] и в лесу. Результаты наблюдений приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5

Соотношение вегетативных и генеративных стеблей и возможная семенная продуктивность пырея

Местообитание	Учетная площадь в кв. м.	Общее количество стеблей	% генеративн. стеблей	Колосков на стебле[1]	Цветков в колоске[2]	Цветков на стебле
Косимая степь	10	1000	9,0	13,73	3,43	47,09
Некосимая степь	9	1000	11,1	13,42	4,44	59,58
Лесные поляны	3,25	1000	5,3	15,69	5,30	83,16

([1] Среднее из 90—150 подсчётов; [2] среднее из 25 подсчётов).

Из цифр, приведенных в таблице 5, прежде всего обращает на себя внимание низкий процент генеративных стеблей, особенно в лесу. Эти цифры подтверждают указания Невского (21) на то, что семенное размножение у пыреев как бы подавлено и находится в антагонизме с вегетативным. И действительно, в лесу, где на площади трансекты обилие стеблей втрое выше, чем в степи (см. в таблице 5 «учётную площадь»), процент генеративных стеблей — вдвое ниже[2].

На косимой и некосимой степи оба эти показателя (общее обилие и количество (%) генеративных стеблей) примерно одинаковы.

На лесных полянах пырей отличается более мощным развитием, чем в степи. Это относится не только к вегетативным, но и к генеративным побегам. В соответствии с этим в лесу насчитывается больше колосков на стебле и цветков в колоске.

Таблица 6 свидетельствует о совершенно ничтожном количестве завязавших цветков, причём, процент бес-

---

[1] Во всех таблицах, где нет специальных оговорок, некосимая степь означает участок № 1 (см. выше стр. 4), а косимая — прилегающий к нему.

[2] Аналогичное явление обратной зависимости густоты стеблей и семенной продуктивности Лысенко (16) отмечает у люцерны.

Таблица 6

Соотношение бесплодных и завязавших цветков у пырея

Местообитание	Дата учета	Проверено стеблей (колосьев)	Проверено колосков	Проверено цветков [1]	Обнаружено завязавших цветков	
					колич.	в °/₀
Косимая степь	1.VIII	40	654	2243	77	3,43
там же	8.VIII	40	400	1372	8	0,58
Некосимая степь	1.VIII	40	739	2535	40	1,58
там же	8.VIII	40	400	1372	3	0,22
Лесные поляны	3.VIII	40	688	3646	17	0,47
там же	8.VIII	40	400	2120	3	0,14

плодных цветков постепенно возрастает в течение вегетационного сезона. В литературе имеются указания на то, что цветки у пыреев часто бывают бесплодными, но в наших условиях несомненно большую роль сыграло сильное повреждение (см. выше стр. 5), которое легко обнаруживалось почти на всех колосках.

В связи с почти полной практической бесплодностью, не определялись ни энергия созревания плодов, ни фактическая семенная продуктивность. Поэтому в таблице 5 дано лишь количество цветков на стебле и эти цифры названы «возможной семенной продуктивностью».

3. Костёр прямой (Bromus riparius Rehm.)

Этот вид костра играет исключительную роль в травостое северных степей (Алёхин — 1). Отличается засухоустойчивостью и иногда может образовывать чистые заросли.

На территории заповедника костёр прямой относится к числу доминантов плакорной степи. Как отмечают Алёхин (1) и Соколова (20), количество генеративных стеблей у этого вида в отдельные годы может быть ничтожным.

Результаты наших наблюдений, проводившихся на косимой и некосимой степи, представлены в таблицах 7 и 8.

[1] Количество проверенных цветков не подсчитывалось. Эта цифра получена от умножения среднего количества цветков в колоске для данного местообитания на количество проверенных колосков, так как в каждом колоске проверялись все цветки.

Таблица 7

Соотношение вегетативных и генеративных стеблей и семенная продуктивность костра прямого

Местообитание	Учетная площадь в кв. м	Всего стеблей	% генеративных стеблей	Колосков на стебле	Цветков в колоске[2]	Цветков на стебле	Семян на стебле
Косимая степь участок № 1	3,32	1000	14,90	5,65[1]	5,9	33,34	нет учёта
Некосимая степь участок № 1	0,8	702	8,55	12,33	нет учёта		
Косимая степь участок № 2	нет учета			14,88	6,3	93,74	60
Некосимая степь участок № 2	1,25	538	3,72	13,93	6,7	93,33	нет учета

Таблица 8

Энергия созревания и осыпаемость плодов костра прямого

Местообитание	Дата учёта	Всего проверено плодов	Степень их зрелости (в % от общего числа)			% осыпавшихся колосков (на 50 метелках)
			молочная	восковая	полная	
Косимая степь участок № 1	13.VII	200	16,50	77,0	6,50	нет учёта
Некосимая степь участок № 1	13.VII	200	25,50	52,5	22,0	нет учёта
Косимая степь участок 2	21.VII	300	0	36,0	64,0	45,29
Некосимая степь участок № 2	21.VII	300	0	12,0	88,0	25,06

Прежде всего нужно отметить, что процент генеративных стеблей на косимой степи значительно выше, чем на некосимой.

Количество колосков на стебле почти одинаково для косимых и некосимых участков. Исключение составляет лишь косимый участок № 1, где повреждение метёлок оказалось очень сильным.

Количество завязавших цветков, которое также оп-

[1] Среднее из 150 подсчётов; остальные цифры в графе — среднее из 60.

[2] Среднее из 50 подсчётов.

ределяется степенью поражения, резко отличается на участках 1 и 2. Так, на некосимом участке № 1 процент завязавших цветков составил всего 3,08 (проверено около 6500 цветков с 88 метёлок), а на косимой степи — участок № 2 — завязавших цветков 64% (проверено 500 цветков из 145 метёлок).

Каден и др. (9) приводят для засушливого 1946 года значительно более высокую семенную продуктивность костра прямого, чем по нашим данным — 128,7 семян на стебель, но, к сожалению, у авторов нет никаких указаний на то, учитывался ли при подсчётах процент завязавших цветков.

Таблица 8 говорит о достаточно дружном вызревании плодов. К таблице ещё можно добавить, что 14.VII на косимой степи (участок № 2) из 300 плодов почти все имели восковую спелость и количество зрелых плодов было ничтожным, а 21.VII там же процент зрелых плодов достигал 64 (см. таблицу 8).

4. **Костёр безостый** (Bromus inermis Leys.)

Среди всех видов костров, костёр безостый является наиболее ценным по своим кормовым достоинствам. Он обладает также целым рядом других хозяйственно полезных свойств: большой стойкостью к затоплению, к зимним холодам и летним засухам; долговечностью, способностью восстанавливать плодородие почвы и бороться с сорняками (Андреев — 2). Как отмечает Андреев, с возрастом у костра безостого снижается урожайность семян и период прохождения фенологических фаз становится более растянутым. Наивысшая урожайность семян — на втором году жизни.

Наблюдения над костром безостым проводились на различных участках плакорной степи, на южном склоне степного лога (некосимого) и частично в лесу (см. таблицы 9 и 10).

Как показывает таблица 9, на косимой степи костёр безостый не даёт такого количества стеблей на единицу площади, как на некосимой, в соответствии с этим процент генеративных стеблей на косимой степи значительно выше. Точно также несколько выше и семенная продуктивность каждого стебля. На лесных полянах и на склоне костёр образует очень пышные метёлки с большим количеством колосков.

Таблица 10 обнаруживает низкий процент завязавших цветков и резкое снижение его в течение вегетационного сезона. Это явление связано с повреждением цветков и отчасти, видимо, с неблагоприятными условиями опыления. Как показывают цифры, на всех некосимых площадях количество завязавших цветков, даже в начале плодоношения, сводится почти к нулю.

Таблица 9

Соотношение вегетативных и генеративных стеблей и возможная семенная продуктивность костра безостого

Местообитание	Учётная площадь в кв. м	Всего стеблей	% генеративных стеблей	Колосков на стебле	Цветков в колоске[2]	Цветков на стебле
Косимая степь участок № 1 . .	11,87	1000	15,30	13,75[1]	учёт не проводился	
Некосимая степь участок № 1 . .	3,20	1000	5,90	19,47	» »	»
Степной склон .	4,40	1000	2,90	41,55	7,11	295,42
Лесные поляны .	учет не проводился			46,70	6,28	293,27
Косимая степь участок № 2 . .	»	»	»	27,38	6,76	185,09
Некосимая степь участок № 2 . .	»	»	»	24,90	6,63	166,33

Таблица 10

Соотношение завязавших и бесплодных цветков у костра безостого

Местообитание	Дата учёта	Проверено: метёлок	Проверено: колосков	Проверено: цветков	Обнаружено завязавших цветков: количество	Обнаружено завязавших цветков: в %%
Косимая степь участок № 2	14.VII	35	—	500	105	21,0
там же	21.VII	40	200	1350[3]	161	11,92
там же	3.VIII	50	200	1350	0	0
Некосимая степь участок № 2	21.VII	40	200	1335	10	0,74
там же	3.VIII	50	200	1335	0	0
Лесные поляны	18.VII	35	200	1255	21	1,67
Степной склон	3.VIII	30	200	1420	0	0

[1] Среднее из 100 подсчётов; остальные цифры этой графы — среднее из 40—60 подсчётов. [2] Среднее из 25 подсчётов.

[3] См. примечание к таблице 6.

Наблюдения над энергией созревания плодов проводились с 11.VII по 21.VII; были установлены фазы отцветания, молочной и восковой спелости. Наблюдения не продолжались, так как в дальнейшем все или почти все цветки оказывались бесплодными.

В лаборатории определялась всхожесть зерновок костра, собранных 14.VII на косимой степи в фазе молочной спелости. Проращивание велось в термостате при температуре +25° в период с 9.XII—1949 г. по 13.I—1950 г. Максимальная всхожесть — 60%. Энергия прорастания довольно высокая: на пятый день — 16%, на десятый— 54%. Эти данные требуют проверки в условиях полевого опыта, но предварительно можно рекомендовать, в случаях сильного повреждения, сбор недозрелых семян.

Б. Бобовые

Для различных видов бобовых применялась различная методика учёта, поэтому она будет изложена при описании отдельных видов.

5. Клевер красный (Trifolium pratense L.)

Хозяйственные достоинства красного клёвера общеизвестны и не нуждаются в дополнительной характеристике. Как указывает Смелов (13), среди диких форм красного клевера имеется ряд таких, которые не уступают по урожайности культурному, но они недостаточно изучены.

Наши наблюдения над красным клевером проводились в степи косимой и некосимой и на лесных полянах. Результаты наблюдений представлены в таблицах 11, 12, 13 и 14.

Для подсчёта количества розеток и генеративных стеблей закладывались такие же транссекты шириною в 0,5 м, как и при изучении злаков.

Для анализа осеменённости цветков и зрелости семян собиралось подряд около 100 стеблей в разных участках данного местообитания и затем из каждой головки — верхней, нижней и средней её части — бралось для анализа 5—6 цветков. Всего при каждом учёте анализировалось 500 цветков.

Наблюдения показали, что некоторое количество цветков вместо завязей имеют галлы, напоминающие по внешнему виду вздутую завязь. В галлах обнаружены

маленькие личинки; взрослого вредителя не встретилось. Предположительно повреждение вызвано галлицей Asphondilia sp. из семейства Itonididae.

Таблица 11

Соотношение розеток и генеративных стеблей и семенная продуктивность красного клевера

Местообитание	Учётная площадь в кв. м.	Количество розеток	Количество генеративных стеблей	Головок на стебле [1]	Цветков в головке [2]	Цветков на стебле	Семян на стебле
Косимая степь	6,75	500	209	2,94	62,84	184,75	113,98
Некосимая степь	8,05	500	66	2,93	59,58	174,57	87,93
Лесные поляны	8,40	500	349	3,56	56,32	200,50	122,96

([1] Среднее из 100 подсчётов; [2] среднее из 50 подсчётов).

Таблица 12

Соотношение завязавших и бесплодных цветков у красного клевера.

Местообитание	Дата учёта	Всего проверено цветков	В том числе (в %%):		
			галлов	бесплодных	завязавших
Косимая степь	18.VII	500	26,4	22,0	51,6
там же	28.VII	500	9,8	23,0	67,2
там же	2.VIII	500	14,8	24,6	60,6
там же	8.VIII	500	6,0	26,4	67,6
Всего за 4 учёта		2000	14,25[1]	24,05	61,70
Некосимая степь	18.VII	500	23,4	44,6	32,0
там же	28.VII	500	11,8	35,0	53,2
там же	2.VIII	500	13,6	27,2	59,2
там же	8.VIII	400	7,25	34,0	58,75
Всего за 4 учёта		1900	14,37	35,26	50,37
Лесные поляны	20.VII	500	25,4	32,6	42,0
там же	30.VII	500	9,6	20,6	69,8
там же	4.VIII	500	5,0	22,8	72,2
Всего за 3 учёта		1500	13,33	25,33	61,33

Таблица 11 показывает, что на лесных полянах клевер развивается лучше, чем в степи, давая больше гене-

[1] Проценты суммарной строки представляют %% суммы галлов, бесплодных и завязавших цветков за 4 учёта относительно суммы проверенных цветков.

ративных стеблей и головок на стебле. Но по количеству цветков в головке он отстаёт от растений, выросших в степи.

Из сравнения данных по косимой и некосимой степи можно видеть, что все показатели для косимого участка значительно выше, чем для некосимого (лишь число головок на стебле почти одинаково).

Таким образом, сенокошение повышает семенную продуктивность красного клевера, по крайней мере в конкретных условиях наших наблюдений. В связи с этим выводом интересно сопоставить указание академика Лысенко (14) на то, что: «подкос — это хорошее средство для управления развитием семенников одноукосного клевера». В отношении дикорастущих форм вопрос о влиянии сенокошения на семенную продуктивность, по-видимому, остаётся ещё не изученным.

Цифры таблицы 12 говорят о том, что на некосимой степи и в лесу в начальный период плодоношения процент бесплодных цветков выше, чем в последующие учёты. В первый учёт оказался также более высоким процент повреждённых цветков (по всем трём местообитаниям).

Если учесть наличие повреждений, нужно признать, что процент завязавших цветков по всем местообитаниям достаточно высокий. На косимой степи он значительно выше, чем на некосимой.

Таблица 13

Энергия созревания семян красного клевера

Дата учёта [1]	Всего семян	$^0/_0$ зрелых семян	Всего семян	Проц. зрелых семян	Дата учёта	Всего семян	$^0/_0$ зрелых сем.
Косимая степь			Некосимая степь.		Лесные поляны		
18.VII	258[2]	50,38	160	19,38	20.VII	210	8,09
28.VII	336	88,39	266	70,68	30.VII	349	62,18
2.VIII	303	80,20	296	53,37	4.VIII	361	60,66
8.VIII	338	75,74	235	74,04	—	—	—

Энергия созревания семян в различных местообитаниях неодинакова (см. таблицу 13): выше всего она на косимой степи и ниже всего в лесу. Особенно резко заметна разница в первый учёт (18.VII).

[1] Даты учёта на косимой и некосимой степи совпадают.

[2] Общее количество семян выявлено при проверке 500 цветков в каждом учёте.

Вполне допустимо, что на косимой степи отобралась более раннеспелая форма клевера.

Наиболее энергично созревание семян во всех местообитаниях идёт в последнюю декаду июля, а осыпание семян в степи — в последние дни июля и первые дни августа (см. таблицу 14).

Таблица 14

Энергия цветения и осыпания головок красного клевера

Местообитание и дата учёта	Проверено головок	В их числе оказалось (в %): цветущих	отцветающих	с засохшими венчиками	осыпавшихся: частично	полностью
Косимая степь						
18.VII	125	0	4,8	84,8	4,80	5,60
28.VII	110	учёт не проводился			51,82	10,0
2.VIII	136	0	0	22,06	41,91	36,03
8.VIII	158	6,33	0	21,52	33,54	38,61
Некосимая степь						
18.VII	100	10,0	5,0	69,0	13,0	3,0
2.VIII	147	0	0	37,41	30,61	31,98
6.VIII	146	4,79	0	9,58	45,89	39,74
Лесные поляны						
20.VII	100	13,0	12,0	69,0	5,0	1,0
4.VIII	171	0	0	65,50	28,07	6,43
9.VIII	185	0	0	51,35	27,57	21,08

В таблице 13 бросается в глаза снижение процента зрелых семян между вторым и третьим учётами. Объяснить это явление условиями погоды невозможно, так как в периоды между первым—вторым и вторым—третьим учётами было примерно одинаковое количество дождливых дней и осадков. Это снижение энергии созревания скорее всего только кажущееся и объясняется довольно резким повышением осыпания семян (см. таблицу 14). Но не исключена возможность, что изменения энергии созревания семян свидетельствуют о наличии в степи различных по срокам созревания форм. Некоторым указанием на такую возможность служит появление в степи 6 8.VIII цветущих головок, тогда как 2.VIII, а на косимой степи даже 18.VII, они вовсе не были обнаружены (см. таблицу 14).

6. **Клевер средний** (Trifolium medium L.)

Этот вид относится к числу клеверов, имеющих наибольшее кормовое значение. Хотя по урожайности он стоит ниже красного клевера, но не уступает ему по питательности и обладает большей засухоустойчивостью, чем красный и белый. Средний клевер лишь в немногих точках Советского Союза введён в культуру, но он заслуживает особенно большого внимания в северных районах, благодаря своей зимостойкости и устойчивости против неблагоприятных условий весны.

Клевер средний может включаться в состав пастбищных травосмесей, укосных угодий с долголетним использованием, а также как компонент травосмеси при создании противоэрозионных севооборотов по склонам и оврагам (Живан — 7; Агабабян — 13).

В заповеднике клевер средний не встречается на плакорной степи, а лишь на лесных полянах и по дну степных логов.

Наши наблюдения проводились в лесу на освещённых полянах и частично в тени деревьев.

Благодаря хорошо выраженному вегетативному размножению, клевер средний образует куртины с обилием в 50—120 стеблей на 1 кв. м на освещённых местах, и 20—95 стеблей на 1 кв. м в тени.

Методика наблюдений та же, что и для красного клевера, с тою лишь разницей, что на площади транссекты подсчитывались стебли и количество головок на них, так как розеток средний клевер не образует. В связи с тем, что плодоношение у среднего клевера наступает позже, чем у красного, средний клевер подвергался лишь двукратному учёту. Результаты наблюдений сведены в таблицах 15 и 16.

Таблица 15

Семенная продуктивность среднего клевера

Местообитание	Учётная площадь в кв. м	Количество стеблей	Количество головок	Головок на стебле	Цветков в головке [1]	**Цветков на стебле**	**Семян на стебле**
Освещённые поляны	7,25	500	204	0,41	53,72	22,02	10,33
В тени деревьев	11,80	500	13	0,03	учёт не проводился		

[1] Среднее из 50 подсчётов.

Таблица 16.

Соотношение бесплодных и завязавших цветков и энергия созревания семян у среднего клевера (на освещенных полянах)

Дата учёта	Количество проверенных цветков	В том числе в(%): галлов	бесплодных	завязавших	Количество проверенных семян	В том числе зрелых (в %)
3.VIII	500	11,4	46,8	41,8	209	8,61
9.VIII	500	3,0	45,0	52,0	260	23,46
За 2 учёта	1000	7,2	45,9	46,9	—	—

Таблица 15 показывает, прежде всего, очень резкое снижение головок при затенении и, во-вторых, очень низкую семенную продуктивность вообще, и, в особенности, в сравнении с красным клевером в том же местообитании (см. таблицу 11). Замечательно, что число цветков в головке почти одинаково у обоих видов, но продуктивность среднего клевера резко снижается благодаря малому количеству головок на стебле и более низкому проценту завязавших цветков (ср. таблицы 12 и 16). Необходимо заметить, что в начале плодоношения процент завязавших цветков обычно ниже, чем в последующие учёты, поэтому средний (за вегетационный сезон) процент завязавших цветков для среднего клевера, повидимому, выше, чем это удалось установить за два учёта.

По данным Живана (7) так же, как и в наших наблюдениях, семенная продуктивность среднего клевера ниже, чем у красного.

Таблица 16 говорит о довольно высокой энергии созревания семян: за 6 дней процент зрелых семян возрос почти втрое. О ходе созревания семян в течение всего периода плодоношения по двум учётам, конечно, судить трудно.

7. Эспарцет посевной[1] (Onobrychis viciaefolia auct. Fl. Ross.).

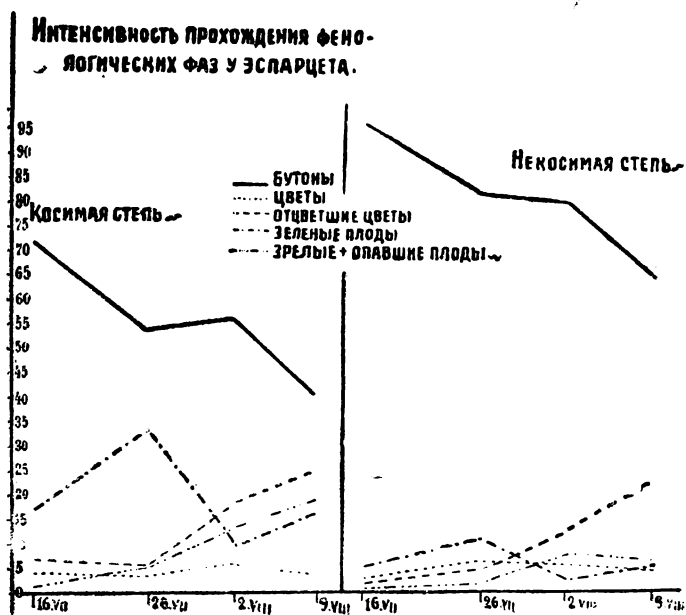
Общеизвестно, что эспарцет относится к числу ценнейших кормовых и медоносных растений. Он отличает-

[1] Алёхин (1) указывает для заповедника *O. arenaria DC.*, другие исследователи принимают этот вид за *O. viciaefolia*. По данным т. XIII «Флоры СССР» наш вид, очевидно, нужно считать эспарцетом донским (O. *tanaitica Spreng.*). Мы сохраняем старое название, как широко распространенное и принятое в агрономической литературе.

ся также засухоустойчивостью. Эти достоинства характеризуют не только культурный эспарцет, но и близкие к нему дикорастущие формы.

В заповеднике эспарцет является одним из наиболее обильных растений, как в степи, так и на лесных полянах (Алёхин — 1). Наши наблюдения проводились в степи косимой и некосимой и на лесных полянах.

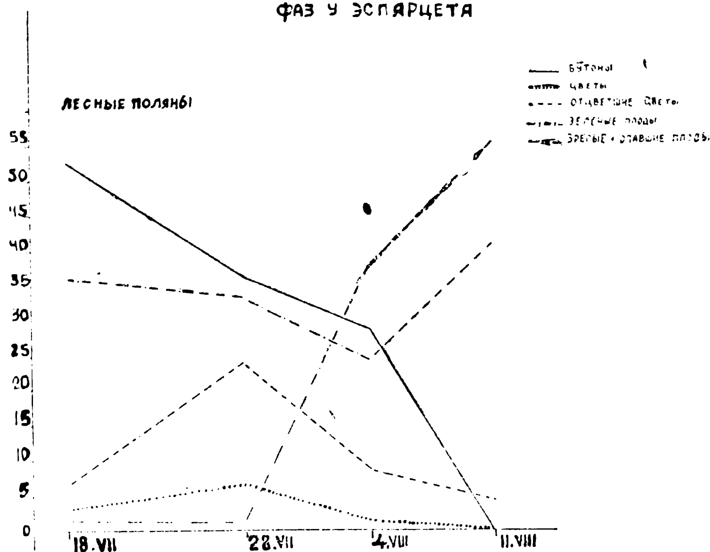
Как известно, эспарцет характеризуется растянутым периодом цветения и плодоношения, поэтому большое внимание было уделено нами изучению интенсивности прохождения фенологических фаз в различных местообитаниях. Учёт проводился в 4 срока в период 16.VII — 11.VIII (даты учётов показаны в таблицах). Каждый учёт состоял в подсчёте всех соцветий (включая бесплодные) на 25 стеблях, сорванных с разных экземпляров в разных участках данного местообитания; кроме того, на каждом соцветии подсчитывались бутоны, цветы, отцветшие цветы, незрелые (зелёные) плоды, зрелые (бурые) и опавшие плоды. Зрелые непо-



реждённые плоды эспарцета осыпаются без чашечек и цветоножек, поэтому количество опавших плодов учитывалось по числу побуревших чашечек на цветоносе.

Таким образом, после обработки цифр были получены для каждого учёта: общее количество цветков на 25 стеблях и количество цветков или плодиков по фазам развития. Все эти данные в процентном соотношении приведены в табл. 17 и отражены в кривых. Количество зрелых и опавших плодов в кривых показано суммарно.

В цифрах и кривых обращают на себя внимание очень низкий процент цветов во все сроки учёта и очень высокий процент бутонов, особенно, в степи. Низкий процент цветов объясняется непродолжительным цветением каждого цветка. Так, по наблюдениям И. Н. Оловянниковой[1] в Стрелецкой степи, отдельный цветок эспарцета цветёт всего от 7 до 15 часов, а кисть цветёт 6—10 дней. Продолжительность цветения вида — 35—60 дней. Этим и объясняется наличие бутонов во все сроки учёта (за исключением четвёртого учёта в лесу). Высокий процент



[1] Приношу ей свою благодарность за предоставление неопубликованных данных.

бутонов в сравнении с другими показателями объясняется также повреждением цветков в более поздних фазах. (Подробнее о повреждении см. ниже).

Кривые для косимой и некосимой степи обнаруживают довольно значительное сходство между собой и очень существенное отличие от кривых для лесных полян.

Количество бутонов на некосимой степи во все сроки учёта оказалось намного выше, чем на косимой, но характер кривой для обоих участков поразительно сходен.

Таблица 17

Интенсивность прохождения фенологических фаз у эспарцета.

Дата учёта и местообитание	Общее количество цветков	В том числе по фазам развития (в $^0/_0$ $^0/_0$):					
		бутоны	цветы	отцветшие цветы	зелёные плоды	зрелые плоды	опавшие плоды
Косимая степь							
16.VII	2145	71,32	4,66	6,44	16,37	0,79	0,42
26.VII	2759	52,19	4,82	5,04	32,95	4,13	0,87
2.VIII	3811	54,34	5,72	17,84	9,16	6,74	6,20
9.VIII	2698	38,92	3,11	24,24	15,97	4,41	13,35
Некосимая степь							
16.VII	1997	94,14	0,90	0,75	4,16	0,05	0
26.VII	1503	79,04	4,93	4,79	9,58	1,66	0
2.VIII	3107	78,24	4,19	10,13	1,68	2,00	3,76
9.VIII	1791	62,31	4,13	23,95	4,41	2,57	2,63
Лесные поляны							
18.VII	1897	52,55	3,01	6,64	36,11	1,69	0
28.VII	2465	35,54	6,21	23,77	33,02	1,30	0,16
4.VIII	2941	28,02	1,39	8,67	24,07	19,08	18,77
11.VIII	2426	0,04	0	4,00	40,97	39,00	15,99

Кривые других показателей также отличаются количественно, но до известной степени сходны по характеру.

Процент зрелых и опавших плодов на некосимой степи остаётся очень низким на протяжении всего периода наблюдений. Количество незрелых плодов также значительно ниже, чем на косимой степи, и, особенно, в лесу.

Кривые для лесных полян показывают, что в этом местообитании период цветения и плодоношения менее растянут, чем в степи. Так, кривая бутонов непрерывно идёт вниз и после третьего учёта очень круто снижается почти до нуля. Характерно и то, что кривая бутонов пе-

рессекает почти все остальные кривые, тогда как в степи она гораздо выше всех остальных. Процесс плодообразования в лесу идёт значительно интенсивнее, чем в степи: мы видим, что кривая «зрелые и опавшие плоды» очень круто поднимается вверх после второго учёта, а после третьего — довольно резко уходит вверх и кривая незрелых плодов. Кривые цветения и отцветания соответственно падают.

Таблица 18

Семенная продуктивность эспарцета.

Стеблей на 1 растении	Соцветий на стебле			Цветков в соцветии		Цветков на стебле		Плодов в 1 кисти	Плодов на 1 растении
	всего	бесплодных	плодущих	плодущем	включая бесплодные	фактически	включая голые кисти		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Косимая степь									
10,65	10,25	2,89	7,36	15,50	11,13	114,13	158,88	7,77	609,04
Некосим. степь									
13,35	8,79	3,81	4,98	16,86	9,55	83,98	148,20	4,39	291,86
Лесные поляны									
15,35	9,53	2,04	7,49	12,99	10,21	97,29	123,79	9,04	1039,34

Примечания: 1) Цифры графы «1» — среднее из 20 подсчётов; цифры в графах 2, 3, 4, 5 и 7 — среднее из подсчётов на 100 стеблях. 2) Цифры графы «9» включают и опавшие по созревании плоды. 3) Цифры графы «10» — произведение цифр граф 1, 4 и 9. 4) Вес 1000 плодов в лесу — 11, 12 г,; на косимой степи — 8, 73 г.

Таблица 19

Осыпаемость плодов эспарцета

Дата учёта	Всего плодов	В том числе (в %): зрелых	опавших	Всего плодов	В том числе (в %): зрелых	опавших
Косимая степь				Некосимая степь		
16.VII	377	4,51	2,39	84	1,19	0
26.VII	1047	10,89	2,29	169	14,79	0
2.VIII	842	30,52	28,02	231	26,84	50,64
9.VIII	910	13,07	39,56	172	26,74	27,32
Лесные поляны						
18.VII	717	4,46	0			
28.VII	850	3,76	0,47			
4.VIII	1821	30,81	30,31			
11.VIII	2328	40,63	16,67			

Примечание: даты учёта на косимой и некосимой степи совпадают.

Результаты учёта семенной продуктивности представлены в таблице 18. В пояснение к таблице необходимо сделать некоторые предварительные замечания. Прежде всего, количество соцветий на стебле не остаётся постоянным в течение вегетационного сезона. Так, 16.VII по каждому местообитанию произведён подсчёт соцветий на 100 стеблях. Средние из 100 подсчётов оказались: косимая степь — 6,4 соцветий на 1 стебле; некосимая степь —5,58 и лесные поляны — 6,66. Средние же из четырёх учётов по 25 стеблей, т. е., в конечном счёте, тоже из 100, учитывавшихся в период 16.VII—9.VIII, соответственно дают следующие цифры: 10, 25; 8, 79; 9, 53 соцветия на один стебель. Эти цифры и приводятся в графе «2» таблицы 18.

Как видно из графы «3», значительное количество соцветий (до 30%) оказываются бесплодными, т. е. представляют собою «голые» стержни кистей, лишённые цветков и плодов. Эти голые стержни несомненно являются результатом повреждений, а не осыпания зрелых плодов. Во-первых, на них (стержнях) никогда не бывает чашечек; во-вторых, часто они дугообразно загнуты на концах, так как засыхают ещё будучи зелёными. Иногда можно видеть на цветоносах единичные отцветшие цветки (вероятно увядшие от повреждения), но ни бутонов, ни цветков, ни плодов нет. Наконец, часто внизу соцветия сидят единичные зелёные плоды, а на остальном протяжении цветонос голый. Созревание плодов в кисти идёт снизу вверх, так что в неповреждённых соцветиях над зелёными плодами располагаются цветы и бутоны.

. Насекомых-вредителей в цветках эспарцета нам не удалось обнаружить, но, судя по характеру повреждения, можно думать, что оно вызвано трипсами (см. Романевич — 19).

В результате повреждений, а отчасти, повидимому, из-за неполного опыления цветков, только небольшой процент бутонов достигает стадии плодов: в лесу — 33,96%; на косимой степи — 25,87% и на некосимой — всего лишь 19,83%. Таким образом, реальную семенную продуктивность следует определять по количеству плодов, а не цветков, а тем более бутонов.

Количество цветков в соцветии (графа «5» в таблице

18) — это среднее от подсчёта всех цветков, начиная от бутонов и кончая опавшими плодами. Естественно, что эти цифры ниже среднего количества бутонов и выше количества плодов в одной кисти.

Цифры графы «6» являются «теоретическими»: они получены от деления фактического количества цветков на стебле не только на плодущие, а на все соцветия, включая бесплодные. Такими же «теоретическими» являются цифры графы «8»: они представляют произведение цифр второй и пятой графы.

Общая семенная продуктивность растения дана фактическая, без учёта бесплодных соцветий. Все цифры таблицы 18—средние данные из суммы по четырём учётам.

Итоговые цифры таблицы (графа «10») показывают значительно более высокую продуктивность семян в лесу, за счёт большего количества стеблей на растении и меньшей степени повреждённости. Так, количество бесплодных цветоносов на стебле ниже, чем на косимой и значительно ниже, чем на некосимой степи. Точно так же, количество цветков в соцветии ниже, чем на обоих участках степи, а количество плодов — значительно выше.

Семенная продуктивность на некосимой степи значительно ниже, чем на косимой, несмотря на более высокие показатели в графах 1 и 5. Низкая семенная продуктивность на некосимой степи объясняется более сильной поврежденностью.

Интенсивность осыпания плодов представлена в таблице 19. Можно отметить очень резкое возрастание количества опавших плодов от второго к третьему учёту. Вообще осыпание идёт неравномерно, особенно на некосимой степи и в лесу, но процент осыпавшихся плодиков в сравнении с процентом зрелых — очень высок (за исключением четвёртого учёта в лесу).

В связи с лёгкой осыпаемостью плодов была проверена всхожесть незрелых семян в сравнении со зрелыми. Проращивание велось в термостате при температуре 25° в период с 9.XII 1949 по 18.I 1950 г. (неошелушённые плоды) и с 29.I по 13.II 1950 г. (ошелушённые). Энергия прорастания семян у эспарцета, как это отмечают и другие авторы, (см. Дмитриев — 6) низка, но

всхожесть незрелых семян (зелёные плоды) даже выше, чем у зрелых. Ошелушённые семена дают иное соотношение. (См. таблицу 20).

Таблица 20

Всхожесть семян эспарцета

Местообитание и зрелость плодов	Неошелушённые семена прорастание в %% через:				Ошелушённые семена прорастание в %% через:		
	5 дней	10 дней	20 дней	40 дней	5 дней	10 дней	20 дней
Косимая степь							
зрелые	0	0	10	28	0	20	52
незрелые	0	10	28	32	2	18	26
Лесные поляны							
зрелые	0	2	24	34	—	—	—
незрелые	2	2	22	38	—	—	—

8. **Люцерна жёлтая** (Medicago falcata L.)

По своим кормовым достоинствам жёлтая люцерна не уступает люцерне посевной, но выгодно отличается от неё более высокой засухоустойчивостью, зимостойкостью и солевыносливостью. Однако, она менее урожайна и даёт очень мало семян. Поэтому жёлтая люцерна, давно введённая в культуру, не получила широкого распространения (Ларин — 13).

Специальные исследования по сортоиспытанию гибридов жёлтой люцерны приводят, однако, к выводу, что при сочетании благоприятных погодных условий она может давать два укоса и урожай сена не ниже люцерны синей (Корякина — 12).

Низкая семенная продуктивность жёлтой люцерны в условиях засушливого юго-востока по данным Гущина (5) определяется растянутым периодом плодообразования и своеобразием в структуре урожая этого вида: с увеличением влажности почвы сильно возрастает количество соцветий, но количество семян в соцветии остаётся постоянным. У синей люцерны с увеличением числа соцветий увеличивается и озернённость каждого соцветия.

В условиях заповедника люцерна жёлтая довольно широко распространена в степи и несколько реже на лесных полянах. Наблюдения проводились по трём ме-

стообитаниям: в лесу, на косимой и некосимой степи. В связи с тем, что плодоношение у люцерны наступает позже, чем у эспарцета и клевера, было проведено всего три учёта. Методика учёта несколько отличалась от методики наблюдений по эспарцету.

В каждом местообитании с различных экземпляров собиралось 50 (первый учёт) или 20 (последующие учёты) стеблей и на каждом стебле подсчитывалось количество **соцветий** по фазам: «бутоны», «цветы», «отцветшие цветы», «зеленые плоды», «зрелые плоды». В каждом соцветии, конечно, встречались цветки в разных фазах цветения, но фаза соцветия определялась по фазе значительного большинства его цветков. У люцерны сроки цветения каждого соцветия более сжаты, чем у эспарцета, поэтому большинство цветков соцветия находится одновременно в одной фазе.

Результаты учёта интенсивности прохождения фенологических фаз представлены в таблице 21.

Таблица 21

Интенсивность прохождения фенологических фаз у люцерны

Дата учёта	Всего соцветий	В том числе бесплодных (в %%)	Количество соцветий по фазам (в %%): бутоны	цветы	отцветшие цветы	зеленые плоды	зрелые плоды
Косимая степь							
30.VII	2600	0	14,27	29,04	28,34	28,35	0
5.VIII	1624	0	11,08	8,99	42,18	37,44	0,31
11.VIII	1065	8,73	6,76	2,54	29,20	51,64	1,13
Некосимая степь							
1.VIII	4052	0	23,59	17,82	41,76	16,83	0
6.VIII	1562	3,91	16,76	12,93	37,26	28,95	0,19
11.VIII	1162	4,13	11,36	6,97	46,13	31,41	0
Лесные поляны							
30.VII	2601	0	15,00	31,73	19,50	33,77	0
5.VIII	1467	1,23	7,02	12,95	27,88	49,76	1,16
11.VIII	1587	11,40	5,99	5,99	25,52	48,64	2,46

Примечание: Для всех местообитаний в первом учёте даётся количество соцветий на 50 стеблях, в остальных — на 20.

Таблица 22

Семенная продуктивность люцерны

Местообитание	Количество соцветий на стебле	Цветков в соцветии	Плодов в соплодии	Семян в плоде	Семян на стебле
Косимая степь . .	58,76	8,39	5,26	5,82	1798,83
Некосимая степь	75,29	7,35	4,93	6,12	2271,62
Лесные поляны .	62,83	8,87	5,92	5,34	1986,23

Примечания: 1) Количество семян в плоде подсчитывалось однократно; остальные цифры — средние из суммарных данных за 3 учёта. Цифры, полученные по всем показателям в разные сроки, очень близки. 2) Количество соцветий на стебле — среднее из 90 подсчётов; количество цветков в соцветии и плодов в соплодии — среднее из 250 подсчётов; семян в плоде — среднее из 50.

По всем трём местообитаниям наблюдается снижение количества бутонов от учёта к учёту; также снижается количество цветов и возрастает, хотя и неравномерно, количество плодов. Мы вправе заключить, что период плодообразования у люцерны менее растянут, чем у эспарцета.

В лесу и на косимой степи фенологические фазы проходят интенсивнее, чем на некосимой степи. Из таблицы видно, что в первый учёт в лесу и на косимой степи количество (%) бутонов оказалось значительно ниже, а количество цветов и плодов — выше, чем на некосимой. В период между первым и вторым учётом резко снижается в лесу количество бутонов и цветов, а на косимой степи — количество цветов. Количество плодов на некосимой степи во все сроки учёта заметно отстаёт от двух других местообитаний.

В период между вторым и третьим учётом в лесу интенсивность плодообразования как бы затухает и мы видим очень незначительное возрастание процента плодов и, соответственно этому, незначительное снижение по всем остальным фазам. На косимой степи — наоборот: количество соцветий по всем фазам резко падает от вто-

рого к третьему учёту, а количество плодов соответственно возрастает.

В связи с учётом семенной продуктивности было обращено внимание на повреждённость цветков и плодов. В таблице 21 показано количество бесплодных («голых») цветоносов (в % % от общего числа соцветий). Но вызвано ли опадение цветков повреждением, или другими причинами (отсутствие опыления?), установить не удалось.

В некоторых цветках были обнаружены галлы, образованные, повидимому, той же галлицей (Asphondilia sp.?), что и галлы на клевере. Общее количество повреждённых цветков было незначительно и составляло в различные учёты 0,16—0,64% от числа проверенных цветков. Наибольшее количество галлов, отмеченное на некосимой степи, 0,78—2,08%. Количество повреждённых плодов (изъеденных) было значительно выше количества галлов: от 1,92% (от общего числа плодов) 11.VIII на некосимой степи до 14,18% 11.VIII в лесу.

Подсчёт количества цветков в соцветии и плодов в соплодии (средние из 250 подсчётов) показывает, что фазы плодов достигают: 62,69% цветов на косимой степи; 66,74% — в лесу и 67,21% — на некосимой.

Семенная продуктивность стебля в различных местообитаниях показана в таблице 22. Наиболее высокой оказалась продуктивность семян на некосимой степи, главным образом, за счёт количества соцветий на стебле и, отчасти, семян в плоде. Количество же цветков в соцветии и плодов в соплодии — ниже, чем на других местообитаниях.

Лесные поляны дают более высокие показатели чем косимая степь и по числу соцветий, цветов и плодов, лишь немного уступают по озернённости отдельного плодика. Общая семенная продуктивность в лесу выше, чем на косимой степи.

Несомненно, что семенная продуктивность жёлтой люцерны может сильно колебаться в зависимости от условий развития. Так, в вегетационных опытах Гущина (5) на Краснокутской селекционной станции максимальными показателями оказались: 25,8 соцветий и 630 семян на стебле, т. е. значительно ниже, чем по нашим наблюдениям.

IV. Заключение

В свете исторических решений правительства и партии о внедрении травопольных севооборотов и трёхлетнем плане развития животноводства, изучение семенной продуктивности кормовых трав, в том числе и дикорастущих, становится насущной задачей. С одной стороны такое изучение имеет значение для правильного использования дикорастущих семенников трав, а с другой — может подсказать меры повышения урожайности семян тех же видов в культуре.

Данные, публикуемые в настоящей статье, собраны летом 1949 года на Стрелецком участке Центрально-Чернозёмного Государственного заповедника (в 20 км к югу от Курска).

Наблюдения проводились, в основном, по трём местообитаниям: на косимом и некосимом участках плакорной степи и на освещённых лесных полянах. Изучению подвергались восемь видов многолетних трав, наиболее ценных в кормовом отношении и широко распространенных на территории заповедника: райграс высокий, пырей средний, костёр прямой, костёр безостый, клевер красный, клевер средний, эспарцет посевной и люцерна жёлтая.

В программу исследования были включены следующие вопросы: 1) интенсивность прохождения фенологических фаз, в частности, энергия созревания и осыпания семян; 2) степень повреждённости генеративных органов и соотношение завязавших и бесплодных цветков; 3) семенная продуктивность растения и соотношение вегетативных и генеративных стеблей; 4) для некоторых видов — всхожесть незрелых семян.

Для различных видов, в частности, для злаков и бобовых применялась несколько различная методика учёта, но для всех видов семенная продуктивность устанавливалась не на единицу площади, а на растение; чаще всего — на генеративный стебель, т. к. у видов с хорошо выраженным вегетативным размножением очень трудно установить границы особи. Для всех видов характерна массовость подсчётов: по отдельным показателям сотни, а иногда и тысячи.

Райграс высокий наблюдался в лесу на открытых

полянах в злаково-бобово-разнотравной ассоциации. (На этих же полянах наблюдались и другие виды).

Никаких повреждений ни вегетативных, ни генеративных органов не было обнаружено. Процент генеративных стеблей составляет всего 29,84 (очень большое количество слабо развитых вегетирующих стеблей в нижних ярусах травостоя). Колосков на генеративном стебле — 54,39. Процент завязавших цветков — 59,40 (повидимому неблагоприятные условия опыления). Семян на генеративном стебле — 32,31.

Райграс обнаруживает дружное созревание плодов и довольно растянутое и постепенное их осыпание (таблицы 3 и 4).

Пырей средний наблюдался во всех трёх местообитаниях. Установлен очень низкий процент генеративных побегов: от 5,3 в лесу, до 11,1 на некосимой степи. Количество колосков на стебле и цветков в колоске выше всего в лесу. Цветков на генеративном стебле: 83,16 в лесу, 59,58 — на некосимой, 47,09 — на косимой степи.

Процент завязавших цветков совершенно ничтожный: от 0,14 до 3,43. Причина этого — сильная повреждённость трипсами (Chirothrips manicatus) и отчасти, повидимому, неблагоприятные условия опыления.

Костёр прямой изучался на различных участках косимой и некосимой степи. В отличие от пырея, костёр прямой даёт значительно больше генеративных стеблей на косимой степи (14,90%) в сравнении с некосимой (8,55 и 3,72%). Костёр прямой оказался ещё сильнее поражённым трипсами, чем пырей, причём степень поражённости резко отличалась на различных участках степи. На участках наиболее поражённых процент завязавших цветков снижается до 3,08; на менее пораженных достигает 64,0. Созревание плодов довольно дружное (см. таблицу 8).

Костёр безостый кроме плакорной степи и лесных полян наблюдался также на южном некосимом склоне степного лога. Наибольший процент генеративных стеблей (15,3) отмечен на плакорной косимой степи, наименьший (2,9) — на склоне; на плакорном некосимом участке — 5,9%. Количество цветков на стебле также оказалось выше на косимой степи в сравнении с неко-

симой. Максимальная цифра — на склоне (295,42); минимальная — на некосимой степи (166,33).

Повреждённость и процент бесплодных цветков так же высоки, как и у костра прямого. Процент завязавших цветков на косимой степи в период с 14.VII до 3.VIII снизился с 21,0 до нуля. В других местообитаниях этот показатель не поднимался выше 1,67 и 0,74%. Плоды, собранные в фазе молочной спелости на косимой степи, обнаружили 60% всхожести (в декабре).

Клевер красный наблюдался в лесу и на степи косимой и некосимой. В лесу клевер дает больше генеративных стеблей и головок на стебле, чем в степи. Семенная продуктивность несколько выше, чем на косимой степи. В условиях наших наблюдений на плакорной степи сенокошение значительно повышает семенную продуктивность каждого стебля и количество генеративных стеблей относительно числа розеток. Процент завязавших цветков также выше на косимой степи в сравнении с некосимой (61,70 и 50,37).

Изучение энергии созревания семян позволяет предположить, что на косимой степи отобралась более раннеспелая форма клевера.

Клевер средний изучался только в лесу на освещённых полянах и частично в тени деревьев. В тени этот вид образует менее плотные куртины и ничтожное количество головок на стебле. Семенная продуктивность на освещённых полянах значительно ниже, чем у красного клевера в тех же условиях. Энергия созревания семян достаточно высокая.

Эспарцет посевной. У этого вида большое внимание было уделено интенсивности прохождения фенологических фаз в различных местообитаниях (косимая и некосимая степь, лесные поляны).

Интенсивность цветения и плодоношения в лесу выше, чем в степи, а в косимой степи выше, чем в некосимой.

Среднее количество соцветий на стебле во всех трёх местообитаниях возрастает в течение вегетационного периода. До 30% соцветий оказываются бесплодными в результате опадения цветков и бутонов. (Повреждение и неблагоприятные условия опыления?). Только 33,96 (лес), 25,87 (косимая степь) или даже 19,83%

бутонов (некосимая степь) достигают стадии плодов. Семенная продуктивность одного растения выражается следующими цифрами: лес — 1039,34 плода, косимая степь — 609,04 и некосимая — 291,86. Вес 1000 плодов, собранных в лесу — 11,12 г, на косимой степи — 8,73 г. Осыпание плодов быстрое и лёгкое.

Неошелушённые незрелые семена обладают более высокой энергией прорастания и более высоким процентом всхожести, чем зрелые. Незрелые ошелушённые семена, по сравнению со зрелыми ошелушёнными, дают меньшие показатели.

Люцерна жёлтая наблюдалась в тех же условиях, что и эспарцет. По всем трём местообитаниям можно заключить, что период плодообразования у люцерны менее растянут, чем у эспарцета. В лесу и на косимой степи фенологические фазы проходят интенсивнее, чем на некосимой степи. Стадии плодов достигают, в среднем, 65% цветков (по местообитаниям цифры очень близкие).

Семенная продуктивность на стебель: некосимая степь — 2271,62 семян; лес — 1986,23; косимая степь — 1798,83.

В итоге можно сделать следующие краткие предварительные выводы:

1) Реальная семенная продуктивность растения должна определяться по количеству плодов (в соплодии, на стебле и т. п.), а не цветков, и тем более, бутонов.

2) Осеменённость цветков и плодовитость стеблей у одного и того же вида в одних и тех же условиях может меняться в течение вегетационного сезона.

3) На плакорной степи сенокошение способствует: а) увеличению количества генеративных стеблей у костров прямого и безостого и клевера красного; б) повышению продуктивности семян у костра безостого (количество цветков), клевера красного и эспарцета; в) повышению интенсивности прохождения фенологических фаз у клевера красного, люцерны жёлтой и эспарцета.

Семенная продуктивность пырея среднего (количество генеративных стеблей и цветков на стебле) и люцерны выше на некосимой степи.

4) На полянах разреженных дубрав (на черноземе) семенная продуктивность клевера красного и эспарцета выше, чем в степи. Интенсивность прохождения фенофаз у эспарцета и люцерны выше, чем в степи, а у клевера красного — ниже.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алёхин В. В. (1940). Флора Центрально-Черноземного заповедника. (Труды Центрально-Черноземного Госзаповедника, вып. 1).

2. Андреев Н. Г. (1949). Костер безостый. Сельхозгиз.

3. Афанасьева Е. А. (1940). К вопросу о сезонном передвижении карбонатов в мощных черноземах. (Тр. Ц.-Ч. Госзаповедника, вып. 1).

4. Богдановская-Гиенэф И. Д. (1926). К вопросу о семенном возобновлении в луговых сообществах (Зап. Лен. с.-х. ин-та, т. III).

5. Гущин И. В. (1947). Влияние почвенной засухи на семенную продуктивность люцерны. (Научный отчет Краснокутской Гос. Селек. станции за 1941—1943 гг.).

6. Дмитриев Н. П. (1949). Северо-кавказский горный двуукосный пурпурный эспарцет. (Селекция и семеноводство, № 3).

7. Живан В. П. (1948). Средний клевер. (Доклады ВАСХНИЛ, вып. 1).

8. Каден Н. Н. (1940). Очерк растительности Казацкой степи под Курском. (Тр. Ц.-Ч. Госзаповедника, вып. 1).

9. Каден Н. Н. и др. (1946). Семенная продуктивность степных растений. (Рукопись).

10. Каменецкая И. В. (1949). Влияние метеорологических условий на семенное возобновление растений Стрелецкой степи. (Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы, т. LIV, вып. 4).

11. Карунин Б. А. и Шаин С. С. (1949). Всесоюзное совещание по освоению травопольных севооборотов, травосеянию и семеноводству многолетних трав. (Селекция и семеноводство, № 4).

12. Корякина А. Ф. (1947). Люцерна. (Научный отчет Краснокутской Госселекстанции за 1941—43 гг.).

13. Ларин И. В. и др. (1937). Кормовые растения естественных сенокосов и пастбищ СССР. Л.

14. Лысенко Т. Д. (1949). Некоторые вопросы полевого травосеяния. (Доклады ВАСХНИЛ, вып. 4).

15. Лысенко Т. Д. (1948). О положении в биологической науке. (Стенографический отчет сессии ВАСХНИЛ 31.VII—7.VIII. 1948 г.).

16. Лысенко Т. Д. 1948). Естественный отбор и внутривидовая конкуренция. (Агробиология, изд. третье).
17. Покровская В. М. (1940). Описание растительности Ямской степи. (Тр. Ц.-Ч. Госзаповедника, вып. 1).
18. Прозоровский Н. А. (1940). Изменение растительности Стрелецкой степи при отсутствии пастьбы скота и сенокошения. (Тр. Ц.-Ч. Госзаповедника, вып. 1).
19. Романевич Б. В. (1949). Вредители семенников эспарцета и меры борьбы с ними. (Селекция и семеноводство, № 10).
20. Соколова О. (1940). Дикорастущие кормовые травы Ц.-Ч. Госзаповедника в природе и культуре. (Рукопись).
21. Флора СССР, т. II, (1934).

В. В. Благовещенский

Доцент, кандидат биологических наук

ЛЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЮЖНОУЛЬЯНОВСКОГО ВОДОРАЗДЕЛА В СВЯЗИ С ЕЕ ВОДООХРАННОЙ РОЛЬЮ

В историческом постановлении Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР» наряду с созданием крупных государственных лесных полос и защитных лесонасаждений в колхозах и совхозах предлагается «принять меры к сохранению всех ценных лесных массивов в степных и лесостепных районах Европейской части СССР». В числе последних указываются и водораздельные лесные массивы Ульяновской области.

Сохранение и улучшение лесов на водоразделах—очень важное звено в системе намеченных грандиозных мероприятий по борьбе с засухой, ввиду большого водоохранного значения этих лесов. Особенно важно сохранить лесные массивы на водоразделах у истоков рек, на что было указано еще в постановлении февральского Пленума ЦК ВКП(б). Постановление Совета Министров СССР от 4 апреля 1947 г. также требует облесения водоразделов у истоков больших рек и их притоков.

В связи с этим возникает ряд важных задач. Изучить состояние указанных водораздельных лесных массивов, выявить типы леса, определив степень их водоохранного значения, наметить пути трансформации лесных типов с целью усиления их водоохранной роли — таковы главнейшие из них. Не менее важным является вопрос об условиях естественного лесовозобновления в лесах водоохранного значения и особенно на вырубках среди этих лесов. В разрешении поставленных задач большую роль могут и

должны сыграть геоботанические исследования лесов. К сожалению, до сих пор при геоботанических исследованиях типы леса с точки зрения их водоохранного значения изучались очень мало. Разумеется, наиболее полное разрешение этих вопросов возможно лишь при стационарных исследованиях. Однако, стационарные наблюдения далеко не всегда могут быть организованы, поэтому вопрос о водоохранной роли типов леса должен в большинстве случаев разрешаться методами обычного маршрутного геоботанического исследования. И можно с уверенностью сказать, что такого рода исследования, при учете всего комплекса физико-географических условий, дадут правильную общую картину водоохранного значения определенных лесных ассоциаций.

Предлагаемая работа и имеет своей целью охарактеризовать лесную растительность Южноульяновского водораздела в свете водоохранного значения отдельных лесных типов. Как нам удалось установить при маршрутных геоботанических исследованиях, хорошим критерием водоохранной роли типов леса служит травяной покров. Травянистые растения, встречающиеся под пологом деревьев, на которые лесоводы обычно обращают мало внимания, нередко являются хорошими индикаторами на грунтовые воды. Учет индикаторного значения таких растений в связи со структурой данного лесного фитоценоза и условиями местообитания дает достаточно ясную картину водоохранного значения того или иного лесного типа.

Сам район исследования — Южноульяновский водораздел — чрезвычайно интересен и важен в отношении водоохранной роли леса. Здесь, на сравнительно небольшой территории, берёт начало целый ряд правых притоков р. Волги на ее отрезке Васильсурск — Сызрань. Поэтому расположенные здесь леса имеют не только местное водорегулирующее значение, но и оказывают влияние на бассейны многих притоков Волги. Вместе с тем растительность Южноульяновского водораздела изучена очень плохо и совершенно не изучена в смысле ее водоохранной роли. Литература по растительности Ульяновской области вообще немногочисленна, но даже наиболее обстоятельные работы С. Коржинского (14) и Г. Гроссета (10) не содержат сведений по растительности Южноульяновского водораздела. Самые общие данные о растительности этого района мы находим лишь у О. Баума (1), М. Бог-

данова (5), Р. Ризположенского (20) и И. И. Спрыгина (24). Правда, имеются довольно обстоятельные работы В. И. Смирнова (23) и Л. Калашникова (11) по растительности Кузнецкого района, Пензенской области, который в своей северной и северо-восточной части тоже относится к Южноульяновскому водоразделу.

Мы считаем, что предлагаемая работа представляет не только специальный интерес для геоботаники и лесоведения, но будет полезна и в краеведческом отношении. Особенно важно знакомство с лесами Ульяновской области для учителей естествознания и географии. Крайняя бедность литературы по растительности Ульяновской области затрудняет проведение школьных ботанических и географических экскурсий, а также организацию охраны ценных лесных типов силами юных натуралистов. Мы надеемся, что наша работа хоть отчасти заполнит этот пробел.

Исследования, послужившие материалом для составления настоящей работы, производились летом 1948 года.

I. Краткая физико-географическая характеристика Южноульяновского водораздела

Южноульяновский водораздел, называемый иначе «Ульяновской шишкой» или «Сурской шишкой», расположен в юго-западной части Ульяновской области на территории следующих районов: Жадовского, Барышского; Базарно-Сызганского, Кузоватовского и отчасти некоторых других. Также он простирается в Кузнецкий район, Пензенской области, занимая его северную и северо-восточную часть.

Южноульяновский водораздел — это один из наиболее возвышенных пунктов Приволжской возвышенности, абсолютные высоты колеблются здесь в среднем между 275 и 300 метрами над уровнем моря, доходя до 344 метров. В соответствии с этим Южноульяновский водораздел является местом, где берут начало многочисленные реки бассейна Волги, а именно: Сура, Барыш, Сызрань с притоками, Свияга с притоками, Инза. Замечательно, что истоки этих рек, текущих в самом различном направлении, располагаются чрезвычайно близко друг от друга: так, исток р. Суры находится от истока р. Барыша всего на расстоянии 12—13 км, от истока р. Суры до истока р. Сыз-

рани 20 км и т. д. Можно сказать, что вся основная речная сеть Ульяновского правобережья Волги берет начало на Южноульяновском водоразделе.

По устройству поверхности Южноульяновский водораздел характеризуется геоморфологами как высокое плоскогорье, отличающееся сильно пересеченным рельефом. Пересеченность рельефа связана с тем, что на всей территории наблюдаются многочисленные долины речек, овраги и балки, причем долины врезаны весьма глубоко, так что превышение водоразделов над долинами нередко бывает свыше 100 м. Это дало повод географу П. А. Ососкову (21) заявить, что наш район имеет почти горный рельеф, что и повторяется с тех пор в большинстве работ, иногда даже без слова «почти». Здесь, однако, имеется некоторое преувеличение. В некоторых случаях склоны водоразделов действительно высоки и весьма крутые, но чаще склоны к речным долинам очень длинные, пологие и более или менее ровные, на что совершенно справедливо указывает и И. П. Копосов (16). Собственно водоразделы имеют различный характер. В одних случаях они сильно всхолмлены, что особенно часто наблюдается в восточной части района, в других случаях они имеют вид плоскокуполообразных возвышенностей, наконец, весьма типичны и более или менее выравненные или слегка волнистые водоразделы. На таких, более выравненных, водоразделах нередко можно наблюдать плоские понижения, занятые торфяными болотами, а в ряде случаев здесь встречаются и небольшие озера, обычно зарастающие. В общем рельеф района типичный эрозионный, и там, где процессы эрозии идут особенно интенсивно, сложность рельефа возрастает.

В геологическом отношении Южноульяновский водораздел представляет собой район почти исключительного распространения отложений третичной системы, относящихся к палеогену, а именно, к наиболее древнему отделу последнего — палеоцену. Не вдаваясь в подробности геологического строения данной местности мы лишь укажем, что здесь палеогеновые отложения представлены преимущественно песками, песчаниками и разнообразными опоками (Е. В. Милановский, 18), являющимися осадками нижнетретичного моря. Отложения других систем играют в нашем районе весьма второстепенную роль, так, вдоль рек иногда выклиниваются верхнемеловые слои, а

в нижней части склонов можно наблюдать делювиальные суглинки.

Большой интерес для нас представляют гидрогеологические особенности Южноульяновского водораздела. По данным Е. В. Милановского (18), находящиеся здесь у поверхности нижнетретичные пласты очень обильны подземными водами, причем, он указывает ряд водоносных горизонтов в опоках, песках и песчаниках. Благодаря близкому расположению подземных вод местность отличается обилием родников и ключей, которые, в частности, и дают начало многим рекам (Суре, Барышу, Инзе, Сызрани, Свияге и другим). Обводненность территории оказывает огромное влияние на характер растительного покрова, в свою очередь последний является хорошим показателем близкого расположения грунтовых вод. Так, например, на Южноульяновском водоразделе, несмотря на весьма возвышенный характер местности, часто встречаются болота грунтового питания, тогда как в соседних районах, хотя бы в пределах Карсунского района, Ульяновской области, болота на водоразделах отсутствуют.

Широкое распространение песчанистых палеогеновых пород и их повсеместный выход на поверхность определяют и характер почвенного покрова района. Почвы Южноульяновского водораздела в большинстве своем являются песчаными и супесчаными по механическому составу. Что касается типов почв, то здесь, по данным И. П. Копосова (16), исключительно преобладают песчаные и супесчаные подзолистые почвы и серые среднеподзолистые лесостепные почвы, преимущественно супесчаные. И. П. Копосов (16) одновременно отмечает, что указанные подзолистые почвы на коренных палеогеновых песках и песчаниках отличаются рядом своеобразных особенностей по сравнению с подзолистыми почвами на древнеаллювиальных речных песчаных наносах, а именно: они меньше выщелочены, иногда щебневаты и могут подстилаться прослойками плотного песчаника. Из других типов почв отдельными пятнами и островами встречаются темносерые слабооподзоленные лесостепные почвы и оподзоленные черноземы, единичны мелкие пятна выщелоченных черноземов. Необходимо еще отметить спорадическую встречаемость почв болотного типа. Указание И. П. Копосова (16) на отсутствие болотных почв

в нашем районе и на их почти исключительную приуроченность в Ульяновской области к поймам рек является неправильным. Хотя болотные пространства занимают на Южноульяновском водоразделе в общем небольшую площадь, но само присутствие здесь болот весьма характерно. Мы не располагаем данными о типах болотных почв района, но, как можно судить по личным наблюдениям, здесь встречаются разности, начиная от слегка заболоченных подзолистых почв до типичных торфяно-болотных почв (поскольку не являются редкостью территории, где производится или производилась добыча торфа).

Несколько замечаний о климатических особенностях исследуемой территории. Мы не будем останавливаться на общей характеристике климата Ульяновской области, так как все известные климатологические данные хорошо подытожены в книге И. П. Копосова (16). Отметим только, что климат Ульяновского правобережья Волги достаточно континентален и неустойчив, что соответствует географическому положению данной местности на границе с засушливым юго-востоком. По условиям увлажнения Ульяновская область хотя и не может быть причислена к числу сильно засушливых, но тем не менее дефицит влажности здесь весьма велик. Следует согласиться с мнением Г. Гроссета (10), что в Ульяновской области влага — это фактор, находящийся в минимуме, почему на него растительность и реагирует наиболее чутко. Но на фоне этих общих климатических особенностей район Южноульяновского водораздела характеризуется рядом отличительных черт по сравнению с окружающими территориями (насколько можно судить по климатологическим данным, хотя они для нашего района весьма немногочисленны). Наиболее замечателен тот факт, что в районе Южноульяновского водораздела выпадает несколько больше осадков, чем во многих других пунктах Ульяновской области. Так, по сводке И. П. Копосова (16) среднегодовое количество осадков здесь равно 446,1 мм, тогда как севернее, на водоразделе между Волгой и Сурой, оно выражается цифрой в 384,8 мм, а южнее р. Сызрани — 389,6 мм. Отличается и снеговой покров. Например, устойчивый снеговой покров на Южноульяновском водоразделе появляется раньше, и

период таяния снега растягивается на более продолжительный срок, нежели в ряде других прилегающих районов. Наконец, в районе Южноульяновского водораздела наблюдаются несколько более пониженные среднегодовые температуры. В целом климат Южноульяновского водораздела можно охарактеризовать как в известной степени более увлажненный и более осеверенный в сравнении с окружающими территориями, в том числе даже расположенными севернее.

Приведенная краткая физико-географическая характеристика района исследования, при сопоставлении ее с общими природными условиями Ульяновской области, показывает, что среди других территорий Ульяновского правобережья Волги Южноульяновский водораздел отличается рядом особенностей. Эти последние обусловлены в основном двумя причинами: геологическим строением местности и ее возвышенным положением. От геологического строения местности, именно от повсеместной распространенности палеогеновых песчанистых пород, зависит характер почвенного покрова. Возвышенный характер местности вызывает своеобразие в климатических особенностях района, в частности этим в значительной степени объясняется увеличение количества осадков. Наконец, как это будет видно из дальнейшего, от геологического строения местности и от ее более возвышенного положения зависят и своеобразные черты растительного покрова Южноульяновского водораздела, хотя одновременно и сам растительный покров оказывает большое влияние на другие физико-географические условия местности.

II. Характеристика лесов Южноульяновского водораздела

Район Южноульяновского водораздела в ботанико-географическом отношении расположен в зоне лесостепи. Однако по новейшему геоботаническому районированию СССР (7) он должен быть причислен не к лесостепной области, а к Европейской широколиственнолесной области, именно к Приволжскому округу последней. И в том и в другом случае Южноульяновский водораздел по характеру своей растительности не может рассматриваться как типичный. Прежде всего, этот район, непосредственно примыкая к лесостепным территориям, сам не является

лесостепным, это район вполне лесной. Здесь не только отсутствует характерное чередование участков леса и степи, но и вообще остепнение выражено едва заметно[1]. С другой стороны, рассматриваемая местность не отличается господством широколиственных лесов.

Преобладающей растительной формацией Южноульяновского водораздела является сосновый лес; сосновые леса пользуются здесь повсеместным распространением. В настоящий момент, в результате хозяйственной деятельности человека, на месте чистых сосновых лесов во многих случаях появились смешанные сосново-лиственные леса (с березой или осиной) или даже возникли чистые вторичные мелколиственные типы — березняки и осинники. Участие широколиственных пород в лесах района, в общем, довольно значительно, но в качестве эдификаторов они выступают сравнительно редко. На Южноульяновском водоразделе из широколиственных пород наиболее распространен дуб (Quercus robur), несколько меньше — липа (Tilia cordata). В виде примеси часто встречается клен остролистный (Acer platanoides), реже вяз (Ulmus effusa) и совсем редко ясень (Fraxinus excelsior). Характерный спутник широколиственных лесов — орешник (Corylus avellana) редко бывает обилен, а чаще совершенно отсутствует.

Из указанных широколиственных пород лесообразующими, в ряде случаев, являются лишь дуб и липа. Но чистые дубовые леса хотя и встречаются довольно часто, однако, очень небольшими участками, почему их участие в растительном покрове района, в общем, весьма невелико. Еще реже приходится наблюдать липовые леса, но зато местами они представлены крупными массивами (правда, эти липняки редко бывают чистые, а обычно отличаются участием осины, реже березы). Гораздо чаще как дуб, так и липа входят в состав второго яруса в сосновых лесах или образуют смешанные насаждения с мелколиственными породами.

С большой уверенностью можно говорить о том, что сосновые леса на Южноульяновском водоразделе не только наиболее широко распространены, но и являются коренной, древнейшей формацией, сохранившейся с доледникового периода. На это было указано еще О. Бау-

[1] Утверждение И. П. Копосова (16), что наш район можно считать типичным лесостепным, абсолютно неправильно.

мом (1). Впоследствии древность сосновых лесов Приволжской возвышенности была обоснована И. И. Спрыгиным (24, 25) и другими авторами. Дуб проник в сосновые леса, повидимому, позже и еще позже под влиянием порубок, широко распространились мелколиственные породы. Что касается липы, то мы вполне солидарны с И. И. Спрыгиным (24), признающим здесь древность липовых лесов наряду с сосновыми. Утверждение многих авторов, что липовые леса в лесостепной зоне и в зоне хвойно-широколиственных лесов всегда типы вторичные, повидимому, неверно[1].

По нашему глубокому убеждению до начала хозяйственной деятельности человека район Южноульяновского водораздела был сплошь покрыт лесами, все безлесные пространства здесь есть результат сведения леса человеком. Об этом свидетельствует характер безлесных территорий района, которые не могут быть причислены к первично-степным участкам.

Своеобразие растительности Южноульяновского водораздела, в частности, господство здесь сосновых лесов, несомненно стоит в связи, главным образом, с геологическим строением местности, именно, с распространением палеогеновых песчаных пород, определивших характер почвенного покрова.

Ниже приводится характеристика важнейших типов леса Южноульяновского водораздела.

Сосновые леса. Как уже было отмечено выше, сосновые леса являются основной растительной формацией Южноульяновского водораздела, которая определяет общий характер растительного покрова местности.

Среди типов соснового леса, встречающихся в данном районе, необходимо различать типы коренные и типы производные, явившиеся результатом прямого или косвенного воздействия человека. Правда, фактически типов леса, вполне сохранивших свой первоначальный облик, нет совсем, ввиду повсеместного и продолжительного вмешательства человека в жизнь леса. Но, тем не менее, различие между коренными и производными типами можно провести вполне определенно. К коренным типам сосно-

[1] Важные и сложные вопросы истории растительности района, изученные крайне слабо, не являются целью настоящей работы, но при характеристике существующего растительного покрова необходимо учитывать историческое прошлое растительности.

ного леса мы относим сосняк зеленомошник (Pineta hylocomiosa), хотя некоторые ассоциации его, видимо, производные, и сосняк сложный (Pineta composita); к производным типам — сосняк лишайниковый (Pineta cladinosa) и сосняк травяной (Pineta herbosa)[1].

Из перечисленных типов соснового леса наибольшим распространением пользуются сосняки зеленомошники, меньшую площадь занимают травяные сосняки и сосняки сложные. Правда, меньшая распространенность сложных сосняков объясняется только тем, что они особенно легко сменяются лиственными типами леса, первоначально же сложные сосняки занимали площадь не меньшую, чем сосновые леса зеленомошники, если не большую. Что касается лишайниковых боров, то их участие в растительном покрове местности весьма невелико, встречаются они часто, но очень небольшими участками.

Сосняки зеленомошники (Pineta hylocomiosa). Сосновые леса этого типа наиболее распространены в центральной части Южноульяновского водораздела — в пределах Жадовского района Ульяновской области и северной и северо-восточной части Кузнецкого района Пензенской области. В Жадовском районе особенно большие массивы этих лесов нам приходилось наблюдать к югу, юго-западу и северо-востоку от дер. Сурские Вершины, они часто встречаются также в окрестностях дер. Филатовки и между с. Вороновкой и с. Головцово. На достаточно широкое распространение сосняков зеленомошников в Кузнецком районе Пензенской области указывают Л. Н. Калашников (11) и В. И. Смирнов (23). В Базарно-Сызганском районе сосновые леса зеленомошники были обследованы в крупном лесном массиве на водоразделе р. Сызганки и р. Эмбелейки, а в Кузоватовском

[1] Указанные типы соснового леса мы, в соответствии с общепринятым мнением, рассматриваем как группы ассоциаций, но есть исследователи, которые квалифицируют некоторые из них как ассоциации. Так М. В. Марков (17) сосняк зеленомошник считает ассоциацией. Повидимому, это объясняется тем, что М. В. Марков работал в Татарии, где сосняки зеленомошники, как и в нашем районе, в отличие от лесной зоны, не показывают большого разнообразия в строении и вообще менее типично выражены, и потому и представляются как единая ассоциация. Но нам кажется, что более целесообразно сосняки зеленомошники рассматривать как группу ассоциаций, независимо от их географического положения и типичности выражения.

районе они были встречены на значительных площадях к востоку и северо-востоку от с. Лесное Матюнино и к северу и северо-западу от с. Баевки. Несомненно их широкое распространение и в других пунктах.

По указанию ряда авторов (В. В. Алехин, 6, И. И. Спрыгин, 24) сосняки зеленомошники в лесостепной зоне, где они находятся на южной границе своего распространения, встречаются почти исключительно в экстразональных условиях, а именно: на склонах с северной экспозицией или в более пониженных местах. Показательно, что на Южноульяновском водоразделе эта закономерность выражена значительно слабее, а местами она совсем не проявляется. Сосновые леса зеленомошники в нашем районе располагаются преимущественно в плакорных условиях в центральных частях водоразделов, причем, обычно они занимают более повышенные положения по сравнению со сложными сосняками и их производными. В то же время несколько севернее Южноульяновского водораздела ничего подобного не замечается. Так, в Инзенском районе, Ульяновской области, сосняки зеленомошники приурочены к склонам с северной экспозицией или к более пониженным территориям. Указанную встречаемость сосняков зеленомошников Южноульяновского водораздела в плакорных условиях, несмотря на их более южное положение, мы объясняем своеобразием гидрогеологического режима местности, — высоким положением уровня грунтовых вод.

Что касается почвенных условий в сосняках зеленомошниках, то последние располагаются как правило на песчаных подзолистых почвах, слабо гумусированных. Однако, отмечены случаи присутствия этого типа леса на более тяжелых почвах, именно тяжелосупесчаных. Ниже будет указано, что такие сосняки отличаются рядом характерных особенностей.

Все исследователи, работавшие в смежных с нашим районах (И. И. Спрыгин, 24, Л. Н. Калашников, 11, В. И. Смирнов, 23), единодушно отмечают, что сосняки зеленомошники в данных условиях не бывают выражены столь типично, как в лесной зоне, в частности, указывается на отсутствие сплошного мохового покрова. На Южноульяновском водоразделе наблюдается, примерно, такая же картина, здесь тоже моховой ковер, как правило, разрежен или даже почти совершенно отсутствует.

Однако, есть основание думать, что сосняки зеленомошники нашего района, в отличие от таковых многих других пунктов лесостепной зоны, представляют результат деградации достаточно типичных сосняков зеленомошников. Деградация зеленомошников произошла, главным образом, в результате многократных порубок, что в условиях сравнительно сухого климата и при наличии песчаных почв привело к значительному ухудшению водного режима почвогрунтов. Что исчезновение мохового покрова действительно связано с указанными причинами, свидетельствует тот факт, что при наличии улучшенных условий увлажнения в сосновых лесах развивается сплошной моховой покров. Так, в верховьях р. Свияги нам приходилось видеть крутые склоны, которые в своей средней и верхней части были заняты сухим голым сосняком, где не было совершенно мхов и почти отсутствовала травянистая растительность. Но в нижней части склона там располагался хорошо выраженный бор зеленомошник со сплошным покровом из Pleurozium Schreberi. Несомненно, это было результатом лучшего увлажнения нижней части склона стекающими дождевыми и талыми водами. Весьма показателен и другой факт. Если под пологом соснового леса с разреженным моховым покровом встречались участки густого молодого сосняка, то здесь всегда можно было видеть сплошной моховой покров. Очевидно, что в таком густом сосняке дольше задерживался снег и он медленнее таял, что и создавало более благоприятные условия увлажнения. Интересно указание В. И. Смирнова (23) для Кузнецкого района, Пензенской области, о развитии сплошного покрова зеленых мхов в глубине массивов соснового леса. Это лишний раз подтверждает, что при наличии малой нарушенности леса в условиях Южноульяновского водораздела могут развиваться достаточно типичные боры зеленомошники.

Сделанное нами заключение подтверждается также присутствием в наших сосняках зеленомошниках характерных боровых форм в составе травяно-кустарничкового яруса, таких как Pirola rotundifolia, Ramischia secunda, Chimaphila umbellata, Pirola chlorantha, Monotropa hypopithys, Lycopodium complanatum, Trientalis europaea.

В особенности знаменательно присутствие Moneses grandiflora, которую В. Н. Сукачев и В. В. Алехин (6) считают даже наиболее верным видом ельников зелено-

мошников. Это растение было встречено в больших количествах к западу от дер. Филатовки, Жадовского района, и к северо-западу от с. Баевки, Кузоватовского района.

В дополнение к сказанному можно сослаться на указание В. И. Смирнова (23) о наличии в Кузнецком районе, Пензенской области, таких типичных форм лесов зеленомошников, как Oxalis acetosella, Linnaea borealis, Circaea alpina и других, присутствие которых весьма вероятно и в пределах Ульяновской области. В настоящий момент наиболее верные виды сосняков зеленомошников встречаются у нас сравнительно редко, но тем не менее они являются хорошими показателями недалекого прошлого растительности района.

Сосняки зеленомошники Южноульяновского водораздела не отличаются большим разнообразием ассоциаций. Наиболее широко распространенными являются сосновые леса брусничники (Pinetum vacciniosum), вместе с тем они более всего приближаются к коренному типу сосняков зеленомошников.

Нормально развитые боры брусничники отличаются вполне взрослым древостоем, с сомкнутостью крон равной 50—60%, древостой, как правило, чистый сосновый или с незначительной примесью березы. Часто имеется подлесок из рябины; в ярусе подлеска можно также видеть молодую березу и, изредка, липу и осину. Из небольших кустарников рассеянно, но довольно часто встречается ракитник (Cytisus ruthenicus).

В травяно-кустарничковом ярусе основным доминантом является брусника (Vaccinium vitis idaea), но наряду с брусникой часто бывает субдоминантом или даже содоминантом вейник лесной (Calamagrostis arundinacea). Хотя вейник лесной рассматривается как довольно характерное растение сосновых лесов зеленомошников (по В. В. Алехину, 6, его степень верности равна 3), тем не менее мы полагаем, что его выдвижение в число доминантов есть явление вторичное и связано с многократными порубками леса. В ненарушенных борах зеленомошниках вейника несомненно было меньше. В сосняках брусничниках, помимо основных доминант, встречаются в большем или меньшем обилии целый ряд других характерных боровых форм, как Ramischia secunda, Pirola rotundifolia,

Chimaphila umbellata, Pirola chlorantha, Moneses grandiflora, Monotropa hypopithys, Convallaria majalis, Lycopodium complanatum, Melampyrum pratense, Fragaria vesca.

Наряду с этим, характерно проникновение в ассоциацию форм лиственных лесов, опушек и вырубок, которые, однако, всегда находятся в небольшом обилии. Состав таких видов разнообразен и непостоянен, но чаще можно встретить: Polygonatum officinale, Solidago virga aurea, Rubus saxatilis, Trifolium alpestre, Pimpinella saxifraga, Betonica officinalis, Brachypodium pinnatum и многие другие. Обогащенность леса брусничника такого рода элементами говорит о его нарушенности порубками. Большое значение имеет и близкое расположение лиственных лесов и вырубок. В глубине больших массивов сосновых лесов таких видов встречается гораздо меньше. Отметим еще проникновение в брусничники форм более сухих типов соснового леса, например: Pulsatilla patens, Geranium sanguineum, Antennaria dioica и других. Наконец, весьма показательно присутствие в ряде случаев в борах брусничниках таких более влаголюбивых растений, как Potentilla silvestris, Succisa pratensis, из которых первая иногда оказывается довольно обильной. Об индикаторном значении указанных растений в нашем районе мы в дальнейшем будем говорить особо. К сказанному следует добавить, что очень показательно почти полное отсутствие в сосняках брусничниках степных элементов, а также дубравных видов.

Моховой ярус в сосновых лесах брусничниках всегда имеется, но выражен он по-разному. Местами наблюдается сплошной или почти сплошной моховой покров, но такие участки обычно бывают невелики, чаще моховой покров разрежен и представлен отдельными пятнами мхов. Самыми распространенными видами мхов здесь являются Pleurozium Schreberi и Dicranum undulatum. Иногда отдельными пятнами встречается Polytrichum commune.

Приведенная характеристика боров брусничников Южноульяновского водораздела позволяет выявить у них две отличительные особенности по сравнению с аналогичными ассоциациями других пунктов лесостепной зоны. Во-первых, здесь почти отсутствует остепнение, тогда как по указанию В. В. Алехина (6) боры брусничники по южной границе своего распространения имеют несколько

остепненный характер. Во-вторых, наши боры брусничники относятся к более влаголюбивому варианту и не могут быть большей частью названы несколько ксерофитной ассоциацией, как это, например, отмечает М. В. Марков (17) для Татарской АССР. Об этом свидетельствует присутствие в данной ассоциации таких, указанных ранее видов, как лапчатка лесная и сивец. Весьма характерна также встречаемость в ряде случаев в борах брусничниках черники (Vaccinium myrtillus). Правда, больших участков сосняков черничников нам наблюдать не приходилось (только по периферии оз. Светлого в Жадовском районе в сосновом лесу доминирует черника), но отдельные пятна черники в борах брусничниках — довольно частое явление (особенно в верховьях р. Суры). Как правило, они бывают приурочены к более пониженным местам. Любопытно сообщение Л. Н. Калашникова (11) о том, что в Кузнецком районе, Пензенской области, черника, наряду с брусникой, довольно обильна в сосняках зеленомошниках, и часто дает почти сплошные заросли. Указанные черты сосновых лесов брусничников связаны со своеобразием физико-географической обстановки района Южноульяновского водораздела, которая и обусловливает более северный характер этих лесов.

Помимо боров брусничников и элементов бора черничника к сосновым лесам зеленомошникам относится своеобразная ассоциация, которую мы называем голым грушанковым сосняком (Pinetum piroliosum glabrum). Эти сосняки на Южноульяновском водоразделе среди боров зеленомошников занимают по распространенности второе место после боров брусничников. Особенно большие площади голых грушанковых сосняков нам приходилось наблюдать к северо-востоку и западу от дер. Филатовки, Жадовского района, но менее крупными участками они встречаются и во многих других пунктах исследованной местности. Голые грушанковые сосняки имеют две основные особенности. Во-первых, они отличаются почти полным отсутствием мохового покрова. Если здесь и встречаются зеленые мхи, то лишь отдельными небольшими куртинками. Во-вторых, в этих сосняках бросается в глаза чрезвычайное обилие различных грушанок, при почти полном отсутствии других растений. Из грушанок наиболее обильна Ramischia secunda, в меньшем количестве встречаются Pirola rotundifolia, Chimaphila umbellata,

кроме того, в отдельных пунктах найдены Pirola chlorantha, Moneses grandiflora. Из других растений всегда присутствует лишь Monotropa hypopithys, а единичное присутствие некоторых других видов, повидимому, следует считать случайным. Несмотря на обилие грушанок, травяно-кустарничковый ярус в лесу всегда очень сильно разрежен, поскольку почти отсутствуют другие растения. Поэтому поверхность почвы и представляется почти совершенно голой, покрытой сплошным слоем опавшей хвои.

Мы полагаем, что голые грушанковые сосняки являются типом производным, именно, они являются результатом деградации типичных сосняков зеленомошников без выраженного травяно-кустарничкового яруса. Такого рода боры зеленомошники не составляют редкости в лесной зоне и есть основание думать, что они имелись и на Южноульяновском водоразделе в доагрикультурный период. Наличие в голых сосняках типичных форм зеленомошников, вплоть до Moneses grandiflora, свидетельствует об указанном происхождении этого типа леса. Причину деградации типичных зеленомошников в голые грушанковые сосняки мы видим в ухудшении водно-грунтового режима местообитаний, что было следствием многократных порубок леса[1]. Нужно сказать, что голые сосняки несомненно возникали и на месте боров брусничников. Но в этом случае они имеют несколько иной облик: здесь бывает меньше грушанок и обычно встречаются пятна брусники. Кроме того, такие сосняки занимают несколько более сухие местообитания (нам приходилось видеть их, например, в Кузоватовском районе к северо-востоку от с. Лесное Матюнино). Заметим, что конкретные пути образования голых грушанковых сосняков для нас пока что мало ясны.

К сосновым лесам зеленомошникам мы относим еще одну ассоциацию, называемую нами бор зеленомошник травяной (Pinetum hylocomioso-herbosum). На

---

[1] Вряд ли в исчезновении мохового покрова в сосновых лесах имело большое значение сдирание мха населением, как это думает Н. И. Спрыгин (24). Указанный факт нельзя объяснять также выпасом скота, ибо в типичных голых грушанковых сосняках нет следов выпаса (они часто бывают и далеко расположены от населенных пунктов). Это, конечно, не исключает исчезновение мохового покрова под влиянием выпаса в некоторых случаях.

Южноульяновском водоразделе эта ассоциация встречается сравнительно редко, но тем не менее в некоторых отношениях она весьма интересна. Прежде всего, бор зеленомошник травяной занимает сравнительно более тяжелые почвы, именно супесчаные (вплоть до тяжелосупесчаных). Под пологом сосны имеется подлесок из рябины, а в более пониженных местах он становится густым, так как к рябине присоединяются орешник и молодые деревья дуба, березы и, местами, липы. Травяной покров здесь чрезвычайно разнообразный и мозаичный, причем преобладают формы лиственных лесов, вырубок, опушек и даже лугов и полей (но дубравных элементов почти нет). В то же время боровых форм очень мало, из них, пожалуй, можно указать лишь на Ramischia secunda, Pirola rotundifolia (последняя реже). Хотя травяной ярус отличается здесь сравнительно большим видовым разнообразием, проективное покрытие травостоя невелико (15—20%). Это, повидимому, связано с тем, что моховой покров в ассоциации развит хорошо — имеется много пятен зеленых мхов, а местами почти сплошная замоховелость.

Описанный тип леса является показателем того, что на более тяжелых почвах в сосняки зеленомошники легче проникают другие виды, в частности, формы лиственных лесов, а также и широколиственные древесные породы (дуб, липа). Этот процесс особенно быстро идет на более пониженных участках, где условия увлажнения лучше. При указанном вторжении посторонних видов в сосняки зеленомошники более стойкими оказываются, видимо, зеленые мхи, чем травянистые и кустарничковые боровые формы.

В заключение характеристики сосновых лесов зеленомошников скажем о ходе естественного лесовозобновления в этом типе леса. Можно вполне определенно видеть зависимость естественного возобновления сосны от условий водного режима местообитаний. Так, в сосняках брусничниках хорошее сосновое возобновление неизменно наблюдается там, где имеются явные свидетельства лучших условий увлажнения. Но особенно эта зависимость резко проявилась на участке сосняка зеленомошника, расположенного в нижней части крутого склона в верховьях р. Свияги, о котором говорилось выше. Здесь, при наличии сплошного мохового ковра, мы видели совсем

молодой подрост сосны (экземпляры 4—5 см высоты) в крайне большом обилии (до СОР[3]). Это, несомненно, результат лучшего увлажнения почвы, стекающими со склона водами. В голых грушанковых борах хорошее сосновое возобновление тоже бывает лишь на некоторых участках, находящихся в лучших условиях увлажнения. Разумеется, ход соснового лесовозобновления определяется не только условиями увлажнения, хотя это, несомненно, один из важнейших факторов. Вопрос о возобновлении сосны достаточно сложный и требует дальнейших специальных исследований. Отметим еще такой интересный факт, что в сосняках зеленомошниках семенного подроста дуба нет, или он единичен, и только в сосняке зеленомошнике травяном нам приходилось видеть сравнительно обильный семенной подрост дуба. Это опять-таки объясняется лучшими почвенными условиями в данном типе леса.

Сосняки беломошники (Pineta cladinosa). На Южно-ульяновском водоразделе можно говорить лишь о фрагментах этого типа леса, так как сосняки беломошники здесь не занимают больших площадей, а встречаются отдельными, обычно небольшими, участками. Лишайниковые боры бывают чаще приурочены или к более возвышенным элементам рельефа или располагаются на южных склонах, всегда при наличии чисто песчаных и сухих почв. Особенно часто участки бора беломошника можно видеть среди сухих травяных боров и, несколько реже, но тоже довольно часто, среди сосновых лесов брусничников. В отдельных случаях фрагменты бора беломошника приходилось наблюдать среди сложных сосняков.

Рассматриваемый тип леса отличается крайне разреженным древостоем и очень часто встречаются даже участки лишенные древостоя, но с доминированием лишайников. Наши боры беломошники мы относим к ассоциации Pinetum cladinosum substepposum, поскольку они лишь слабо остепнены. Из лишайников здесь чаще доминирует Cladonia rangiferina, которая обычно располагается пятнами. Местами также много Polytrichum piliferum. Травяной покров всегда сильно разрежен и во многих случаях наиболее обилен Calamagrostis epigeios. Кроме того, характерно присутствие здесь в том или ином обилии таких видов, как Koeleria glauca, Potentilla arenaria,

Berteroa incana, Vincetoxicum officinale, Dianthus arenarius, Pulsatilla patens и некоторых других.

В вопросе о происхождении сосняков беломошников наши наблюдения вполне подтверждают взгляд И. И. Спрыгина (24), что, повидимому, только на южных склонах и, возможно, на наиболее сухих вершинах возвышенностей, они являются первичными. В плакорных же положениях — это результат нарушенности леса и условий местообитания, в частности, водно-грунтового режима последних. И действительно, повсюду бросается в глаза, что чем лес более нарушен, тем более в нем пятен бора беломошника (разумеется, при соответствующих условиях местообитания). Что касается возобновления сосны, то в борах беломошниках оно или идет очень плохо или совершенно отсутствует.

В связи с борами беломошниками укажем на встречающиеся у нас иногда участки ландышевого сосняка (Pinetum convallariosum). По В. В. Алехину (6) эта ассоциация стоит близко к сосновым лесам беломошникам, здесь имеется тоже ярус лишайника, но также развит ярус ландыша. Нам приходилось видеть участки ландышевого сосняка несколько иного вида, — без яруса лишайников (например, в окрестностях с. Должникова, Базарно-Сызганского района). Правда, лес здесь сильно нарушен пастьбой и порубками, почему и облик ассоциации, видимо, не вполне типичный. Но приурочены ландышевые сосняки и у нас к местообитаниям, сходным с местообитаниями боров беломошников, но менее сухим.

Сосняки травяные (Pineta herbosa). Как можно судить по работам других авторов, сосняки травяные — тип весьма неопределенный. Под этим названием фигурируют сосновые леса обычно сильно нарушенные (выпасом, порубками, пожарами и т. д.) и отличающиеся весьма разнообразным травяным покровом. Но все исследователи (В. В. Алехин, 6, А. Я. Гордягин, 9, М. В. Марков, 17, И. И. Спрыгин, 24 и др.) сходятся на том, что сосняки травяные — это всегда тип вторичный, появившийся в результате нарушенности леса деятельностью человека (за исключением, быть может, сосновых лесов на более влажных и более богатых почвах, и южных остепненных сосновых боров). Наши наблюдения показывают, что это вполне относится и к Южноульяновскому водоразделу; лишь некоторые участки травяного

бора у нас, возможно, являются первичными. Сосняки травяные всюду появляются там, где почему-либо затруднено возобновление сосны, в силу чего возникает лес с сильно разреженным древостоем. В результате, первоначальный тип леса не восстанавливается, а появляются разнообразные, более или менее случайные, растения. Этому также способствуют выпас скота, пожары и т. д. Чаще всего подобную картину можно наблюдать на более возвышенных элементах рельефа с сухой песчаной почвой. Травяной покров этих сосняков в таких условиях представляет сложную смесь лесосечных и опушечных форм, песколюбов и отчасти степных и боровых форм, хотя участие двух последних групп сравнительно невелико, а боровые элементы нередко и совсем отсутствуют. Характерным является наличие среди таких травяных боров, на наиболее возвышенных точках рельефа, фрагментов бора беломошника. Во многих случаях травяные сосняки указанного типа отличаются обилием необлесившихся вырубок и полян или чередуются с последними.

Травяные боры на несколько менее сухих почвах, по-видимому, возникли на месте типичных зеленомошников. Здесь нет такой разреженности древостоя и сохраняются, хотя и в небольшом количестве, некоторые боровые формы (например грушанки) и зеленые мхи. Но и здесь, в травяном ярусе, нет определенных доминант, более обычными бывают Calamagrostis arundinacea, Antennaria dioica, Brachypodium pinnatum, Pteridium aquilinum, Convallaria majalis, Fragaria vesca. В числе менее обильных видов мы находим формы лиственных лесов, опушек, вырубок и даже некоторое количество представителей степной флоры (Dracocephalum Ruyschiana, Asperula tinctoria, Genista tinctoria и другие).

Несколько иной характер имеют травяные сосняки на крутых склонах с южной экспозицией. Здесь, в травяном покрове, замечается некоторое остепнение, в частности, довольно обильны такие растения, как Filipendula hexapetala, Asperula tinctoria и некоторые другие, а типичные боровые элементы отсутствуют совсем. Есть основание думать, что травяные боры подобного рода могут быть первичными и отчасти соответствуют более южным остепненным борам.

Травяные сосняки на Южноульяновском водоразделе занимают довольно большую площадь, особенно мно-

го сухих травяных сосняков, чередующихся с необлесившимися вырубками. Последнее объясняется тем, что и сами травяные боры являются в большинстве случаев результатом плохого возобновления вырубок. И в сформированном травяном бору возобновление сосны, обычно, идет плохо из-за ухудшенных условий водного режима и конкуренции травянистой растительности.

Сосняки сложные (Pineta composita). Все рассмотренные ранее типы соснового леса характеризуются слабым проникновением в них широколиственных пород или их полным отсутствием. Напротив, сосняки сложные отличаются тем, что здесь широколиственные породы становятся, наряду с сосной, доминантами (обычно второго яруса). Из широколиственных пород основная роль в этом отношении принадлежит дубу, значительно меньшая — липе. В соответствии с этим наибольшим распространением на Южноульяновском водоразделе пользуются сосново-дубовые леса. Следует заметить, что в настоящий момент в нашем районе сложные сосняки, в общем, занимают сравнительно небольшую площадь, гораздо чаще приходится наблюдать их производные типы, возникшие в результате исчезновения яруса сосны или одновременно яруса сосны и яруса дуба. К таковым относятся дубовые, дубово-березовые, березовые и реже осиновые леса (нередко с той или иной примесью сосны). Добавим, что подобную картину можно видеть не только на Южноульяновском водоразделе, а вообще на Ульяновском правобережье Волги, на что указывает и Г. Гроссет (10). Особенно большой и хорошо выраженный массив сложных сосняков нам пришлось наблюдать в Базарно-Сызганском районе, на водоразделе р. Сызганки и р. Эмбелейки.

По условиям местообитания сложные сосняки существенно отличаются от других типов соснового леса. Они, как правило, встречаются в относительно более пониженных и выравненных местах, во всяком случае, по сравнению с борами зеленомошниками. Так, если в лесном массиве встречаются и сосняки зеленомошники и сложные сосняки, то первые неизменно приурочены к более возвышенным местам, а вторые — к более пониженным. Эти более пониженные территории отличаются всегда лучшими условиями увлажнения, что для сложных сосняков является весьма существенным. Почвы под слож-

ными сосняками в большинстве случаев бывают более богатыми и более тяжелыми, обычно они тяжелосупесчаные, реже суглинистые. Однако весьма показателен тот факт, что иногда сложные сосняки заходят на легкосупесчаные и даже песчаные почвы, но происходит это при наличии хороших условий увлажнения (вследствие близости грунтовых вод). Следовательно, для сложных сосняков влажность местообитания имеет не меньшее значение, чем богатство почвы.

Наиболее распространенной ассоциацией сложных сосняков на Южноульяновском водоразделе является сосново-дубовый лес с коротконожкой перистой (Pinetum querceto-brachypodiosum). Замечательна однородность этой ассоциации на всей территории исследуемого района. В типичном случае в ассоциации имеется два древесных яруса: ярус сосны и ярус дуба. Но часто лес еще сравнительно молодой и тогда дуб и сосна находятся в одном ярусе. К указанным основным породам может примешиваться береза или осина; не составляют редкости сосново-березовые и сосново-осиновые леса с аналогичным травостоем. Лес всегда бывает достаточно осветленный или даже значительно разреженный (сомкнутость крон в среднем 50—60%). Подлесок выражен большей частью слабо или даже совсем отсутствует. Основным доминантом травяного яруса является коротконожка перистая (Brachypodium pinnatum). Характерным содоминантом следует считать вейник лесной (Calamagrostis arundinacea), он постоянно встречается в ассоциации, хотя всегда в меньшем обилии, чем коротконожка перистая. Из других более обильных растений можно указать на Rubus saxatilis, Carex digitata, Potentilla silvestris. В небольших степенях обилия присутствует довольно значительное количество видов. Анализ травяного яруса показывает, что состав его весьма своеобразен. Прежде всего, здесь совершенно отсутствуют дубравные элементы, несмотря на наличие яруса дуба. В то же время, травяной покров представляет сложную смесь форм осветленных лиственных лесов, которые преобладают, луговых форм и, в меньшей степени, форм хвойных лесов, а также степняков. Из числа элементов хвойных лесов здесь встречаются некоторые грушанки (особенно Ramischia secunda), Melampyrum pratense, брусника, а примером растений, более или менее степного характера, могут служить

Filipendula hexapetala, Dracocephalum ruyschiana Geranium sanguineum и некоторые другие. Но особенно замечательно присутствие в ассоциации, и нередко в значительном обилии (до СОР[1]), лапчатки лесной (Potentilla silvestris). Лапчатка лесная (узик) — несомненно влаголюбивое растение и например Ю. В. Рычин (22) включил ее в свою «Флору гигрофитов». Основной ареал лапчатки лесной приходится, как известно, на лесную зону. Здесь наиболее характерными ее местообитаниями являются достаточно увлажненные или даже сыроватые луга, кроме того, она заходит в хвойные леса, на окраины болот и изредка в дубравы. По нашим наблюдениям в Московской области (4) лапчатка лесная — один из основных доминант белоусовых лугов, а А. П. Шенников (29) также указывает ее для молиниево-щучковых ассоциаций некоторых пойменных лугов лесной зоны. Экологические особенности лапчатки лесной, именно ее склонность к влаголюбию, особенно резко проявляются в лесостепной зоне, здесь она неизменно встречается в условиях лучшего увлажнения. Это нам приходилось прекрасно наблюдать и в Ульяновской области. Так, исследования растительности в районе р. Большого Черемшана (Ульяновское Заволжье) (3) показали строгую приуроченность лапчатки лесной к заболоченным понижениям (где она найдена даже в большом количестве), на других же местообитаниях эта лапчатка совершенно отсутствует. В с.-з. части Ульяновской области (Астрадамовский, Сурский, Карсунский и Инзенский районы) лапчатку лесную нам приходилось видеть или по окраинам лесных болот или в сыроватых ложбинах. Подобные указания можно найти и у других авторов. Так, А. П. Шенников (29) отмечает приуроченность лапчатки лесной к сырым низинам на некоторых пойменных лугах лесостепной зоны[1].

В свете приведенных фактов поведение лапчатки лесной на Южноульяновском водоразделе представляется весьма интересным. Здесь мы не видим ее приуроченности к отрицательным элементам рельефа, болотам, ложбинам и т. д. У нас она встречается (и часто очень обильно) в плакорных условиях, входя в состав травяного яруса сос-

---

[1] В личной беседе, в свое время, В. В. Алехин говорил мне, что и в северных степях лапчатка лесная показывает строгую приуроченность к отрицательным элементам рельефа, а потому является прекрасным показателем лучших условий увлажнения.

ново-дубовых лесов, а также и других типов леса, о чем еще будет сказано ниже. По нашему мнению это свидетельствует о том, что местообитания всех указанных типов леса отличаются высоким уровнем грунтовых вод, а потому и лапчатка лесная должна расцениваться как хороший индикатор на грунтовые воды. И действительно, легко заметить зависимость между изменениями рельефа и обилием лапчатки лесной: если рельеф даже незначительно понижается, обилие лапчатки лесной сильно возрастает. Бросается в глаза и обилие лапчатки лесной на вырубках после сосново-дубового леса; здесь ее, как правило, больше, чем в окружающем лесу, так что в отдельных случаях она образует почти сплошные заросли. Вместе с тем, на вырубке иногда появляются и некоторые другие растения гигрофитного типа, как, например, Molinia coerulea и Trollius europaeus.

Наряду с приведенными фактами индикаторного значения указанных растений, о хороших условиях увлажнения под сосново-дубовыми лесами свидетельствует и наличие среди таких лесов небольших (часто незаметных) плоских понижений с явно гигрофитной растительностью и даже следами заболачивания. Здесь в больших количествах произрастает Calamagrostis lanceolata, а также встречаются Veratrum lobelianum, Valeriana officinalis и некоторые другие соответствующие виды.

В заключение характеристики сосново-дубового леса с коротконожкой отметим, что замоховелость здесь, как правило, отсутствует и почва сплошь покрыта подстилкой из опавших листьев.

Нам приходилось мало наблюдать хорошее возобновление сосны в сосново-дубовых лесах (лишь иногда это можно видеть на вырубках). Надо думать, что препятствием для возобновления сосны здесь является достаточно мощный травяной (в значительной степени злаковый) покров. Чаще встречается подрост дуба, но преимущественно порослевого происхождения. Довольно часто успешное семенное возобновление березы.

Другой ассоциацией сложных сосняков являются сосново-липовые леса с доминированием в травяном покрове чаще также коротконожки перистой (Pinetum tilio-brachypodiosum). Но они, как уже указывалось, распространены на Южноульяновском водоразделе значительно менее, чем сосново-дубовые леса. Липа здесь всегда обра-

зует второй ярус; если этот ярус густой, то травяной покров становится сильно разреженным. Часто можно видеть, что сосново-липовые леса сменены березняками или осинниками, но в них непременно сохраняется ярус липы. Как сосново-липовые леса, так и их дериваты нам приходилось наблюдать на легкосупесчаных почвах. Наиболее типично выраженные сосново-липовые леса обнаружены нами к юго-западу от дер. Сурские Вершины, Жадовского района. Здесь они расположены в большом массиве сосновых лесов, где преобладают боры зеленомошники, причем, этот лесной массив простирается и в Кузнецкий район, Пензенской области. В связи с этим отметим, что Л. Н. Калашников (11) указывает на более широкое распространение сосново-липовых лесов среди ассоциаций сложных сосняков в Кузнецком районе. Напротив, сосново-дубовые леса, по его данным, встречаются редко. Здесь, повидимому, следует согласиться с Л. Н. Калашниковым, что сосново-липовые леса ближе стоят к борам зеленомошникам, почему они особенно и распространены в данном районе, где лесов зеленомошного типа особенно много. Л. Н. Калашников отмечает еще для Кузнецкого района сосновые леса с ярусом лещины (Pinetum corylosum), (правда, встречающиеся редко), которые нами совсем не наблюдались.

Дубовые леса. В растительном покрове Южноульяновского водораздела роль чистых дубовых лесов весьма невелика. Тем не менее, дубовые леса встречаются довольно часто, но почти всегда небольшими участками или сравнительно узкими полосами. В размещении дубовых лесов нам удалось установить вполне определенную закономерность: в преобладающем большинстве случаев они приурочены к местам более хорошо увлажненным, а таковыми являются, главным образом, окраины болот и плоские понижения (нередко со следами заболачивания). По периферии болот дубовые леса иногда образуют почти сплошной пояс (например, к востоку от с. Русское Тимошкино, Жадовского района). Дубовые леса чаще встречаются на почвах тяжелосупесчаных и даже легкосуглинистых, однако нередко их можно видеть и на более легких почвах, но в указанных условиях рельефа. Последний факт свидетельствует о том, что для дубовых лесов рассматриваемого типа большее значение имеет достаточное увлажнение почвы, чем ее богатство.

Все дубовые леса нашего района отличаются дубовым древостоем сравнительно низкого бонитета. Экземпляры дуба здесь редко бывают выше 15 метров и толще 20—25 см в диаметре. Лишь в единичных случаях можно видеть крупные дубы. Сомкнутость крон в дубовых лесах в среднем равна 60—70%. Строение фитоценоза обычно двухярусное: ярус дуба и травяной ярус. Подлесок или отсутствует или очень разрежен, в последнем случае его образуют крушина ломкая, рябина, шиповник коричный, редко орешник (кроме того, здесь встречаются молодые липа и клен остролистный). Замоховелость в дубовых лесах всюду отсутствует.

На Южноульяновском водоразделе нам удалось установить две основные ассоциации дубового леса. Первая ассоциация — это дубняк с коротконожкой перистой (Quercetum brachypodiosum). Эти дубняки встречаются неизменно в условиях хорошего увлажнения (по периферии болот, в плоских понижениях), но где нет следов заболачивания. Основным и во многих случаях единственным доминантом ассоциации является Brachypodium pinnatum. Из других видов более обильными бывают Calamagrostis arundinacea и Rubus saxatilis. Характерным является малое количество в ассоциации дубравных видов или почти полное их отсутствие. Из них встречаются (да и то лишь в низких степенях обилия) такие виды, как Aegopodium podagraria, Orobus vernus, Stellaria holostea, Pulmonaria officinalis, Paris quadrifolia. С другой стороны, показательно наличие в этих дубняках форм сосновых лесов и иногда в значительном обилии. Примером их могут служить Ramischia secunda, Pirola rotundifolia, Melampýrum pratense, Majanthemum bifolium, Trientalis europaea, Vaccinium vitis idaea. В травостое непременно присутствуют и виды гигрофитного типа, которые являются хорошими индикаторами на достаточную увлажненность местообитаний. К таким растениям относятся: Potentilla silvestris, Lysimachia vulgaris, Succisa pratensis, Molinia coerulea, Campanula trachelium и некоторые осоки. Степень участия указанных влаголюбивых элементов в ассоциации подвержена сильным колебаниям, иногда их становится совсем мало и тогда появляются такие виды, как Dracocephalum ruyschiana, Cytisus ruthenicus, Geranium sanguineum, Filipendula hexapetala, что является указанием на несколько меньшую увлаж-

ненность местообитания. Травяной покров в целом развит в лесу хорошо, но сплошной дернины он обычно не образует (проективное покрытие 60—70%).

Другой ассоциацией дубового леса является дубняк с доминированием влаголюбивых растений (Quercetum uliginoso-herbosum). Эта ассоциация наблюдается на плоских понижениях, где имеются явные следы заболачивания. Обычно такие понижения встречаются среди березово-дубовых и сосново-березовых лесов с коротконожкой перистой. Травяной ярус ассоциации весьма неоднороден, здесь трудно выделить общих для всех участков доминант и расположение растений нередко мозаичное. Но наиболее характерным растением является все же Calamagrostis lanceolata, он непременно присутствует в ассоциации и, как правило, в значительном обилии. Из других гигрофитных растений более обильными бывают Filipendula ulmaria, Trollius europaeus, некоторые осоки и иногда Deschampsia caespitosa. Но с другой стороны, здесь местами достигает значительного обилия и коротконожка перистая. Примесь дубравных видов так же незначительна, как и в предыдущей ассоциации. Но встречаются и некоторые боровые формы. Травостой довольно сильно задерновывает почву (проективное покрытие 70% и выше).

Описанная ассоциация встречается сравнительно часто, хотя и реже, чем предыдущая. Интересно, что некоторые участки имеют вполне определенные признаки заболачивания, так как при этом наблюдаются пятна сфагнума. Дубовый древостой здесь становится более разреженным или дуб совсем исчезает и тогда появляются береза и ивы.

Значительно реже рассмотренных ассоциаций нам приходилось наблюдать дубово-липовые леса, где липа образует более или менее густой подлесок (местами она входит и в первый ярус). Участки такого леса были отмечены на небольших возвышениях, примыкающих к слегка заболоченным низинам с березовым или сосново-березовым лесом. Почва—легкая супесь. В травяном покрове чаще доминирует Brachypodium pinnatum и довольно много Calamagrostis arundinacea. Но встречаются сравнительно небольшие участки, где травяной покров совершенно иной и отличается обилием дубравных растений. Здесь доминирует Carex pilosa, а также встречаются

Aegopodium podagraria, Orobus vernus, Stellaria holostea, Melica nutans, Pulmonaria officinalis. В то же время на этих участках достаточно обильны и боровые формы (Ramischia secunda, Pirola rotundifolia, Trientalis europaea, Majanthemum bifolium). Травяной ярус здесь в общем сильно разрежен (проективное покрытие 30—35%). Наконец, встречаются участки с густым подлеском из липы, здесь травяной покров почти отсутствует.

Как показали наблюдения, во всех типах дубового леса возобновление сосны идет плохо или совсем отсутствует (хотя эти участки часто окружены сосновым лесом). Напротив, возобновление дуба идет весьма успешно. Нам приходилось наблюдать массовый подрост семенного дуба, не говоря уже о порослевом. Особенно успешное семенное возобновление дуба было отмечено в дубняках с влаголюбивым разнотравьем и в дубово-липовых лесах.

Если проанализировать приведенные выше факты, то станет совершенно очевидным, что дубовые леса Южно-ульяновского водораздела не есть коренной тип и они не аналогичны «нормальным» дубравам лесостепи, а несомненно представляют тип вторичный. Бесспорно, дубовые леса изученной местности являются лишь производными сосново-дубовых лесов и возникают на месте последних в результате исчезновения яруса сосны. В подтверждение этого достаточно привести следующие доказательства:

1. Травяной покров в наших дубравах большей частью аналогичен травяному покрову сосново-дубовых лесов. Здесь часто присутствуют те же основные доминанты, также мало дубравных видов и встречаются боровые формы.

2. Примесь других широколиственных деревьев и кустарников, обычно наблюдаемая в настоящих дубравах, (в частности клена, ясеня, вяза и орешника) здесь очень невелика или совсем отсутствует.

3. Дуб здесь такого же низкого бонитета, как и в сосново-дубовых лесах.

4. Сходные условия местообитания у данных дубняков и у сосново-дубовых лесов.

5. Окружение участков дубового леса почти всегда сосново-дубовым лесом или его дериватами.

Однако, как мы видели, дубовые леса, несмотря на их несомненное вторичное происхождение, приурочены ко вполне определенным условиям местообитания, в част-

ности, к участкам более пониженным или вообще лучше увлажняемым. Спрашивается, почему превращение сосново-дубовых лесов в дубовые произошло преимущественно в указанных условиях? Нам кажется, что причина этого — особенно плохое возобновление сосны на такого рода местообитаниях, местообитаниях сравнительно влажных, где развивается более мощный травяной покров. Именно травянистая растительность и препятствует возобновлению сосны. Напротив, восстановление дуба происходит легче, благодаря его порослевой способности, а в сформированной дубраве, под пологом деревьев, иногда создаются условия и для успешного семенного возобновления дуба.

Сделанные нами выводы вполне согласуются с данными Г. Гроссета (10), который описывает для с.-з. части Ульяновской области аналогичные дубравы, возникшие на месте сосново-широколиственных лесов.

Особое положение занимают дубово-липовые леса, где, как указывалось, иногда доминируют дубравные виды. Можно думать, что они образовались на месте сосново-липовых лесов и проникновение дубравных видов обязано худшим условиям освещения под пологом деревьев.

Березовые леса. В растительном покрове Южно-ульяновского водораздела березовые леса имеют большой удельный вес. Сама береза является одной из наиболее распространенных древесных пород в данной местности; она не только очень часто образует чистые древостои, но и составляет более или менее значительную примесь в других лесах (особенно сосновых). Поэтому березняки, вместе с другими лесами со значительным участием березы, в настоящий момент занимают на Южно-ульяновском водоразделе не меньшую площадь (если не большую), чем все типы соснового леса вместе взятые. В то же время, березовые леса это, несомненно, во всех без исключения случаях, типы вторичные, явившиеся результатом порубок леса.[1]

Как нам пришлось убедиться, большая часть березовых лесов района появилась на месте сложных сосняков. Березняки, сменившие чистые сосновые леса (в частно-

[1] Предположение И. И. Спрыгина (24) о возможной первичности березняков в нашем районе не подтверждается. О других, в частности соседних районах, мы судить пока не можем.

сти зеленомошники) встречаются реже. Причину этого (которая, конечно, не является единственной) мы видим в худшем возобновлении сосны на местообитаниях сложных сосняков, благодаря развитому травяному покрову. Кроме того, сложные сосняки первоначально, по всей вероятности, вообще были шире распространены, чем другие типы соснового леса.

Ассоциаций березового леса нам удалось установить несколько. Самой распространенной ассоциацией являются березняки с коротконожкой перистой (Betuletum brachypodiosum). Часто такие березняки представлены большими массивами и занимают более или менее выравненные участки водоразделов, которые более понижены, чем территории с сосняками зеленомошниками. Почва чаще легкая супесь, но может быть и более тяжелой. Древостой в лесу редко бывает чисто березовым, в большинстве случаев имеется более или менее значительная примесь дуба, хотя большой роли в древостое он обычно не играет. Также, как правило, можно видеть и примесь сосны (иногда крупноствольной), местами она заметно усиливается и тогда лес становится березово-сосновым. Иногда к березовому древостою примешивается еще и осина и, в редких случаях, много становится липы. Густота леса обычно средняя (сомкнутость крон равна 50—60%). Подлесок в ассоциации обычно не выражен или даже отсутствует. В травяном ярусе всюду доминирует коротконожка перистая, вейник лесной тоже постоянно присутствует, но играет подчиненную роль. Много костяники. Из других растений пользуются преимущественным распространением формы светлых лиственных лесов. Но постоянно попадаются, и часто в больших количествах, некоторые боровые формы (Ramischia secunda, Pirola rotundifolia). Дубравных видов мало и они редко обильны. Роль видов степного характера весьма невелика, обилен бывает лишь Filipendula hexapetala, но нам приходилось видеть исключительно розетки листьев этого растения. Бросается в глаза постоянное присутствие видов гигрофитного типа. Из них наиболее обильна опять-таки лапчатка лесная. Не менее характерна встречаемость в этой ассоциации сивца лугового (Succisa pratensis). По своей экологии сивец луговой близок к лапчатке лесной, но еще более ее влаголюбив, причем, даже в лесной зоне, где находится его основной ареал. По указанию

А. П. Шенникова (29) и по нашим наблюдениям в Московской области (4) сивец луговой обилен на влажных суходольных лугах, где произрастает вместе с белоусом и лапчаткой лесной. При этом нами было подмечено, что, по сравнению с типичными белоусниками, ассоциации с доминированием сивца лугового занимают более пониженные и более увлажненные места. Все это свидетельствует о том, что в условиях Южноульяновского водораздела сивец луговой, наряду с лапчаткой лесной, является хорошим индикатором на близкое расположение грунтовых вод. Можно еще указать на единичную встречаемость в ассоциации такого влаголюбивого вида, как Molinia coerulea. В целом травостой в лесу развит хорошо, хотя и не бывает слишком густым (проективное покрытие в среднем 60%). Замоховелости нет или почти нет.

Приведенная характеристика не оставляет сомнения в том, что эта ассоциация развивается на месте сосново-дубовых лесов с коротконожкой перистой. Об этом свидетельствуют постоянная встречаемость в древостое дуба и сосны, характер травяного яруса, условия местообитания и т. д. Как видно, эти березовые леса тоже находятся в условиях близости грунтовых вод, что, помимо индикаторного значения указанных растений, подтверждается наличием среди леса плоских понижений, нередко мало заметных на глаз, со следами заболачивания и соответствующей растительностью. Эти понижения, иногда занимающие значительную площадь, имеют обычно чисто березовый древостой, а в травяном ярусе доминирует вейник ланцетный и произрастает много различного влаголюбивого разнотравия (Filipendula ulmaria, Trollius europaeus, Veratrum lobelianum и др.). Иногда встречаются небольшие болотца со сфагнумом (но выхода грунтовых вод на поверхность нет).

Другая ассоциация березового леса — березняк с осокой волосистой (Betuletum caricosum). Она встречается значительно реже первой, но местами занимает большие площади, например, к северо-востоку от дер. Сурские Вершины, Жадовского района. Характерным для древесного яруса является здесь примесь местами липы. Кроме того, липа в большинстве случаев имеется в подлеске, иногда этот подлесок густой, но чаще разреженный. Единично в подлеске встречаются также орешник, рябина и

бересклет бородавчатый. Помимо липы в древостое иногда присутствуют дуб и сосна. Густота древостоя обычно средняя (сомкнутость крон 50—60%), но, благодаря более или менее развитому подлеску, затенение почвы увеличивается. В травяном ярусе в большинстве случаев основную роль играют дубравные виды. Самый главный доминант — Carex pilosa, также довольно обильны Aegopodium podagraria и Stellaria holostea. Из других видов можно указать на Orobus vernus, Viola mirabilis, Rubus saxatilis, Pulmonaria officinalis, Convallaria majalis, Crepis sibirica, Agropyrum caninum и др. Характерно почти полное отсутствие боровых форм. Проективное покрытие травостоя 60—65%. Замоховелости нет.

Сопоставление этой ассоциации с предыдущей показывает, что хотя она тоже занимает более пониженные площади по сравнению с чистыми сосновыми лесами, но отличается местообитаниями с несколько более глубоким положением грунтовых вод. Основанием для такого заключения служит хотя бы отсутствие упоминавшихся ранее растений-индикаторов на грунтовые воды. Однако плоские понижения с вейником ланцетным здесь иногда тоже встречаются.

Березняки с осокой волосистой мы рассматриваем как производное сосново-липовых лесов, а в ряде случаев, возможно, и чисто липовых.

Помимо описанных двух ассоциаций, нам приходилось наблюдать в ряде пунктов березовые леса с доминированием марьянника (асс. Betuletum melampyrosum). Иногда эти березняки занимают большую площадь, например, к с.-в. от дер. Филатовки, Жадовского района. Они располагаются в условиях сравнительно возвышенного рельефа, большей частью на почвах легкосупесчаных. Древостой то чисто березовый, то с более или менее значительной примесью сосны (местами лес березово-сосновый). Единична примесь осины и дуба. Характерна сильная разреженность древостоя и потому большая осветленность леса. Подлесок сильно разрежен или отсутствует, но показательно частое присутствие в подлеске рябины. В травяном ярусе абсолютно доминирует Melampyrum nemorosum, причем, там, где лес более разрежен, марьянник становится особенно обилен. Соотношение других видов сильно варьирует. Местами весьма обильна земляника, местами Antennaria dioica, затем

Ramischia secunda и т. д. В общем, травяной покров представляет смесь форм светлых лиственных лесов, полян и опушек (которые преобладают), луговых растений, боровых форм и, в незначительной степени, дубравных видов Травостой довольно сильно разрежен (проективное покрытие 30—40%). Встречаются отдельные пятна мхов.

Данный тип березового леса, очевидно, развивается на месте сосняков зеленомошников. За это говорит и характер условий местообитания (более повышенный рельеф), и малое количество дуба, и наличие рябины в подлеске, и пятна зеленых мхов, а также ряд других признаков. Указанные особенности травяного покрова, несомненно, связаны с разреженностью древостоя и, местами, с частичной нарушенностью его выпасом. Нам приходилось часто наблюдать и такую картину, когда этот лес представлен лишь отдельными куртинами, которые чередуются с более или менее крупными олуговелыми полянами. Подобный куртинный лесопарковый ландшафт есть следствие неравномерного возобновления вырубок. В некоторых местах он наблюдался на больших площадях.

Ход лесовозобновления в березовых лесах, по нашим наблюдениям, представляется в следующем виде. В березовых лесах с коротконожкой сосновый подрост хороший лишь местами, чаще он разреженный или отсутствует. Основным препятствием для повсеместного возобновления сосны, несомненно, является травяной покров. В березняках с осокой волосистой нам не приходилось видеть успешного возобновления сосны, чаще его совсем нет. Возможно, это —следствие большей затененности почвы подлеском. Напротив, в березовых лесах с марьянником довольно обычен благонадежный и нередко обильный сосновый подрост. Обилие света в лесу и разреженность травостоя способствуют здесь сосновому возобновлению. Что касается подроста дуба, то он наблюдался только в первых двух ассоциациях, в березняках с марьянником его практически нет. Но и в этих типах березового леса подрост дуба мало обилен и исключительно порослевого происхождения.

Осиновые леса. Леса, образованные осиной, так же как и березовые леса, являются типами исключительно производными, возникшими на месте коренных лесных типов. Однако осина, в отличие от березы, значительно менее распространена на Южноульяновском водоразделе.

Это объясняется большей требовательностью осины к почвенным условиям, а в нашем районе преобладают почвы легкие и, следовательно, более бедные. В виде незначительной примеси осина, правда, встречается почти повсеместно. Довольно часто осина образует смешанные с другими породами древостои. Например, встречаются сосново-дубовые или сосново-березовые леса со значительной примесью осины. Наблюдаются даже дубово-осиновые и березово-осиновые леса с коротконожкой перистой. В отдельных случаях осина появляется в массовых количествах и на месте чистых сосновых боров на песках. Гораздо реже приходится видеть чистые осиновые леса, но местами они занимают значительные площади — преимущественно там, где почвы более богатые. Так, к северо-востоку от дер. Сурские Вершины, Жадовского района, нами был описан осинник со снытью (асс. Populetum aegopodiosum), встречающийся разрозненными участками на довольно большой площади. Занимая более высокие места водораздела, ассоциация в то же время находится в благоприятных условиях увлажнения, о чем свидетельствует наличие среди леса слегка заболоченных понижений с такими растениями, как вейник ланцетный, сивец луговой, валериана лекарственная, некоторые осоки и т. д. Почвы под осинниками со снытью серые лесные, среднеоподзоленные, легкосуглинистые или тяжелосупесчаные. Древостой здесь обычно чисто осиновый, с сомкнутостью крон равной 70%. Подлесок чаще не выражен, лишь рассеянно встречаются рябина, бересклет, малина, орешник, но местами количество орешника заметно увеличивается. Основным доминантом травяного яруса является Aegopodium podagraria, а содоминантом обычно выступает Stellaria holostea. Имеется целый ряд и других дубравных видов (Orobus vernus, Melica nutans, Paris quadrifolia, Pulmonaria officinalis). Кроме того, отмечены в достаточном обилии коротконожка перистая и ландыш. Из боровых форм здесь встречаются Pirola rotundifolia и Majanthemum bifolium, но в небольшом количестве. Интересно наличие в ассоциации Daphne mezereum, редкого в данной местности. Проективное покрытие травяного яруса 50—60%. Замоховелости нет. Описанный осинник, повидимому, развился на месте сосново-дубового леса, но где дуб был более высокого бонитета. Возможно, что здесь после сосново-дубового леса существовала доволь-

но типичная дубрава, лишь позже смененная осинником. Об этом свидетельствуют не только характер травостоя и условия местообитания, но и наличие среди леса многочисленных дубовых пней, нередко весьма толстых. В настоящее время возобновления коренных пород в ассоциации почти не происходит: соснового подроста нет совсем и наблюдается лишь единичный порослевой подрост дуба.

Леса с участием липы. Выше уже давалась характеристика лесов, где липа играет большую роль, образуя подлесок или даже входя в состав древесного яруса. Сюда относятся леса сосново-липовые, березово-липовые и дубово-липовые. Как было отмечено, последние два типа мы рассматриваем производными сосново-липовых лесов. Но наряду с этим некоторые лесные ассоциации с участием липы скорее являются производными чистых липовых лесов, в свою очередь последние есть основание считать коренным типом[1]. К числу таких ассоциаций мы относим осиново-липовый лес с осокой волосистой (асс. Populetum tilio-caricosum). Большой массив леса этого типа обнаружен нами в специфических условиях рельефа к северо-востоку от с. Лесное Матюнино, Кузоватовского района. Лес занимает наиболее возвышенные участки водораздела между р. Темрязанькой, р. Томышевкой и верховьями р. Свияги. Почва здесь легкая или тяжелая супесь, а то даже и легкий суглинок. Липа образует подлесок, иногда очень густой и трудно проходимый (значительная часть липы плагиотропной формы). Есть липа и в ярусе осины, представленная крупными деревьями. В подлеске также часто встречается орешник, иногда его очень много. Дуб в ассоциации наблюдается лишь рассеянно, и еще реже — клен. Почти повсеместным доминантом травяного яруса является Carex pilosa. Но там, где липовый подлесок очень густ, травостой сильно разрежен или даже отсутствует. Напротив, в более разреженных участках леса доминирует коротконожка перистая. Из других видов более обильны Aegopodium podagraria и Stellaria holostea. Указанные особенности ассоциации и условий местообитания дают основание считать, что здесь раньше был липовый лес с осокой волосистой. И действительно, в данном лесном массиве обнаружены чистые липняки с осокой волосистой. Нужно ска-

---

[1] Приведение доказательств первичности липовых лесов не является целью настоящей работы.

зать, что чистые липовые леса с осокой волосистой в подобных условиях вообще неоднократно наблюдались нами в Ульяновской области.

Хотя настоящая работа посвящена лесам Южноульяновского водораздела, мы считаем необходимым кратко остановиться на характеристике растительности болот и безлесных территорий, поскольку между всеми этими типами растительности существует тесная взаимосвязь. Кроме того, при разрешении вопроса о водоохранном значении лесов, знакомство с растительностью болот и безлесных пространств весьма существенно.

Несмотря на возвышенное положение данного района, наличие болот для него чрезвычайно характерно. Правда, общая площадь болот здесь очень невелика, но отдельными, чаще небольшими, участками они встречаются довольно часто, а главное — наличие их вполне закономерно и связано с особенностями водно-грунтового режима местности.

Указания на наличие в области распространения палеогеновых третичных песков болотных пространств мы находим еще у О. Баума (1), а затем у В. И. Смирнова (23), Л. Калашникова (11) и И. И. Спрыгина (24), но для Южноульяновского водораздела болота оставались совершенно не изученными, за исключением болот Кузнецкого района, Пензенской области.

По новейшей классификации болот Н. Я. Каца (12) вся Ульяновская область (а также и Пензенская) относится к зоне равнинных эутрофных болот и торфяников. Наши наблюдения показывают, что, действительно, все болота Южноульяновского водораздела связаны с грунтовым питанием. К сожалению, почти все болота, подвергшиеся изучению, сильно нарушены торфоразработками и потому первоначальный облик их растительного покрова безусловно утрачен. Тем не менее, в растительности болот нам удалось подметить ряд своеобразных черт.

Чаще всего на Южноульяновском водоразделе приходится видеть комплексные древесно-пушицевые болота (торфяники). Эти последние в центре обычно лишены древесной растительности или имеют ее мало и отличаются сплошными зарослями пушицы влагалищной (Eriophorum vaginatum). Огромные кочки пушицы настолько заполняют всю территорию, что среди них большей частью

не встречается буквально ни одного вида растений. Места, занятые пушицей, обычно бывают хорошо увлажнены или даже переувлажнены, а в вырытых при разработке торфа карьерах можно часто видеть воду. Остальные части болота, преимущественно более периферические, несколько возвышены и заняты мелким березняком с примесью мелкой сосны. Кочки пушицы лишь местами заходят в березняк, чаще же здесь травянистые растения почти совершенно отсутствуют, но в большинстве случаев наблюдаются крупные пятна или даже сплошной покров Polytrichum commune. Хорошо выраженные болота этого типа находятся, например, к северо-востоку от д. Филатовки и к юго-востоку от д. Сурские Вершины, Жадовского района.

Как известно, Eriophorum vaginatum — растение преимущественно олиготрофных (сфагновых) болот, поэтому и нахождение ее у нас в массовом количестве весьма знаменательно. Но есть указание, что пушицевые болота могут быть водного и полуводного происхождения (Н. Я. Кац, 13). Чистые пушицевые болота нашего района, повидимому, есть явление вторичное, а именно мы рассматриваем их появление как следствие удаления торфяного слоя при разработках, приведшего к выходу на поверхность грунтовых вод. И действительно, нередко можно видеть, что днища бывших карьеров сплошь заросли пушицей. О первоначальном характере этих болот судить довольно трудно, но есть основание полагать, что ненарушенные торфяники имели меньше пушицы и в их растительном покрове ту или иную роль играли сфагновые мхи, а также ряд характерных растений сфагновых болот. На древесно-пушицевых болотах в их современном состоянии, по нашим наблюдениям, сфагновые мхи встречаются лишь местами отдельными пятнами. Но В. И. Смирнов (23) для Кузнецкого района, Пензенской области, отмечает настоящие сфагновые торфяники с сосной, где помимо черники и брусники присутствуют такие виды, как Cassandra calyculata, Andromeda polyfolia, Ledum palustre, Oxycoccus palustris, Scheuchzeria palustris, Drosera и др. Интересно, что здесь пушица влагалищная представлена лишь редко разбросанными дерновинами. Этот факт заставляет предположить, что встреченные и нами торфяники, возможно, имели такой же или сходный облик. Заметим, что исследования В. И. Смир-

нова относятся к 1903 году, когда нарушенность растительности болот, несомненно, была значительно меньшей. Однако мы не думаем, что на Южноульяновском водоразделе в недалеком прошлом были типичные верховые сфагновые болота. Скорее всего, это были болота переходного типа, связанные с грунтовыми водами.

Реже, чем древесно-пушицевые болота, встречаются на Южноульяновском водоразделе болота вейниковые. Такое болото описано нами к востоку от с. Русское Тимошкино, Жадовского района. Оно разрабатывается и потому растительность его сильно нарушена, часто совсем отсутствует. Но в центральной части болота разработок нет и здесь имеются сплошные заросли Calamagrostis lanceolata, так что другие растения встречаются лишь единично. Выхода грунтовых вод на поверхность нигде нет (даже в карьерах), также нет сильного переувлажнения, торф умеренновлажный. Судя по разрезам, слой торфа на болоте не очень мощный. Повидимому, до разработок все болото было вейниковым. В свою очередь появление вейниковых ассоциаций есть основание считать результатом пересыхания торфяников. Так В. И. Смирнов (23) отмечает факт появления торфяников с вейником ланцетным вследствие пересыхания или выгорания сфагновых болот. Возможно, и на наших вейниковых болотах раньше принимал какое-то участие сфагнум.

Указанные типы болот встречаются довольно крупными участками и всегда имеют более или менее мощный слой торфа, представляющий интерес для эксплоатации. Но, помимо их, среди сосново-дубовых лесов и их дериватов встречаются небольшие заболоченные понижения, где чаще слой торфа отсутствует или он очень небольшой. Сюда относятся упоминавшиеся ранее плоские понижения с вейником ланцетным и влаголюбивым разнотравием. Более типичными являются небольшие болотца со сфагновыми мхами, где наблюдается местами выход на поверхность грунтовых вод. Но никаких специфических растений сфагновых болот здесь нет.

Остановимся, наконец, на безлесных пространствах нашего района, к которым относятся вырубки, лесные поляны и остепненные склоны (не говоря о культурной сельскохозяйственной площади). Можно с уверенностью говорить о том, что на всех этих безлесных территориях отсутствие леса есть вторичное явление, так как для нас

несомненна сплошная облесенность Южноульяновского водораздела в недалеком прошлом.

Если не считать пахотных угодий, то самую большую площадь среди безлесных пространств занимают вырубки. Обилие вырубок связано, главным образом, с плохими условиями возобновления сосны на целом ряде местообитаний. При разборе лесных типов уже говорилось об условиях лесовозобновления, в частности, указывалось на более или менее успешное возобновление сосны в тех типах сосняков зеленомошников, где увлажненность почвы лучше. Напротив, в более сухих типах леса возобновление идет хуже. Эта зависимость возобновления сосны от условий увлажнения еще более резко проявляется после сведения леса. Поэтому больше всего необлесившихся или частично облесившихся вырубок можно видеть на более возвышенных участках водоразделов с сухой песчаной почвой, возникших чаще всего на месте указанных типов соснового леса. Особенно большие пространства занимают такие вырубки в южной части Жадовского района в верховьях р. Суры. При наличии лесовозобновления на этих вырубках, распределение его неравномерное: местами имеются отдельные куртины сосны и березы среди обширных необлесившихся площадей, местами сосна и береза образуют чрезвычайно разреженный древостой, почти не меняющий характера растительности вырубки. На всех участках вырубок, лишенных возобновления (а также там, где последнее очень разрежено), получает сильное развитие травянистая растительность, основные особенности которой таковы. Чаще всего на вырубках доминирует вейник наземный (Calamagrostis epigeios), нередко он образует сплошные или почти сплошные заросли, но местами он разрежен. На более возвышенных и более сухих участках вейника нет, и доминирование обычно переходит к Artemisia Marschalliana. В переходных условиях вейник и полынь доминируют одновременно. Помимо указанных основных доминант на вырубках встречается в различном и колеблющемся обилии много других растений. Среди них имеются специфические растения вырубок, песколюбы, луговые формы, встречаются сорные виды и некоторое количество степных растений. Но характерным является, в общем, слабая остепненность вырубок. Из числа степных растений, произрастающих на вырубках, укажем

на следующие: Veronica spicata, Cytisus ruthenicus, Centaurea Marschalliana, Libanotis montana и др. Наиболее типичных степных видов здесь не замечено. Количество степных и вообще более сухолюбивых видов увеличивается на более возвышенных местах, отличающихся доминированием полыни Маршалла. Здесь травяной покров сильно разрежен (проективное покрытие 30—40%), но часто становится очень обилен Polytrichum piliferum (замоховелость до 80%). Местами встречаются пятна Cladonia.

Таким образом, препятствием для лесовозобновления на таких вырубках является или сухость почвы или конкуренция травянистой растительности. Часто оба эти фактора действуют одновременно.

Значительно реже встречаются необлесившиеся вырубки из-под сосново-дубового леса (и вообще сложных сосняков). Объясняется это, однако, не тем, что на местообитаниях сложных сосняков сосна возобновляется лучше. Напротив, здесь, на что указывалось раньше, подроста сосны появляется совсем мало, а то он и полностью отсутствует, благодаря сильному развитию травянистой растительности. Однако вырубки после сложных сосняков легко покрываются вторичными породами, особенно берёзой, а также иногда дубом. Это, отчасти, объясняется порослевой способностью лиственных пород (березы, осины, липы, дуба), отчасти, способностью березы заселять вырубки и при таких условиях, которые мало благоприятны для сосны.

Необлесившиеся вырубки из-под сложных сосняков имеют совсем иной характер, чем вырубки после чистых сосновых лесов. Здесь основным доминантом является не вейник наземный, а вейник лесной (Calamagrostis arundinacea). Из других растений много таких, которые были и в лесу. Характерно усиление на вырубках во многих случаях влаголюбивых элементов (Potentilla silvestris, Succisa pratensis, Molinia coerulea и некоторых других). В более редких случаях, напротив, можно видеть увеличение числа степных видов, но тоже более влаголюбивых. Например, отмечено массовое появление на некоторых вырубках Filipendula hexapetala.

Несколько менее распространены, но, в общем, тоже занимают весьма большую площадь, лесные поляны. Они могут быть самых различных размеров, причем чаще

имеется целая система полян. Лесные поляны — это, в сущности, тоже вырубки, но очень старые, где пни разрушились совершенно и образовалась более или менее мощная дернина, благодаря развитию травянистой растительности. Говоря другими словами, здесь, на месте вырубки, уже сформировался суходольный луг того или иного характера. Понятно, что на таких полянах естественное лесовозобновление становится почти невозможным.

Все лесные поляны по характеру своего растительного покрова могут быть разделены на две основные группы: во-первых, поляны с луговым мезофитным травостоем и, во-вторых, поляны более или менее остепненные, с ксерофитной растительностью. Разумеется, между теми и другими имеются постепенные переходы.

Наиболее типичные луговые поляны формируются в условиях хорошего увлажнения, где чувствуется близость грунтовых вод. Это будут местообитания или типичных сосняков зеленомошников или сложных сосняков. Обычно такие поляны чередуются с куртинами леса, чаще березового. В результате возникает своеобразный лесопарковый ландшафт куртинного типа. Это, несомненно, есть следствие неравномерного возобновления вырубки в прошлом. Травостой таких полян злаково-разнотравный, мезофитный. Из злаков основным доминантом является Agrostis vulgaris и много Poa pratensis. Интересно появление здесь местами в большом обилии Anthoxanthum odoratum — растения, типичного для суходольных лугов лесной зоны. Из разнотравия особенно обилен Melampyrum nemorosum, также много Brunella vulgaris и Plantago media. Встречается целый ряд клеверов и имеется достаточное разнообразие других луговых растений. Но в небольшом обилии произрастают и некоторые лесные виды. На некоторых полянах появляется в значительном количестве лапчатка лесная.

Примерно, в таких же условиях, но при наличии несколько меньшей увлажненности, образуются поляны со слегка остепненным травостоем, в общем, очень сходным с травостоем полян предыдущего типа. Здесь основной доминант тоже полевица обыкновенная, но в то же время довольно обилен Filipendula hexapetala и встречаются такие виды, как Dracocephalum ruyschiana, Bromus erectus, Cytisus ruthenicus, Geranium sanguineum и некоторые другие. Из клеверов особенно много Trifolium alpestre.

Совсем редко можно встретить остепненные поляны с растительностью типа луговой степи. Подобная поляна нами была описана, например, к северо-востоку от д. Сурские Вершины, Жадовского района. Здесь доминируют Bromus erectus и Filipendula hexapetala, а также отмечены такие виды (причем, некоторые в значительном обилии), как Veronica spicata, Trifolium montanum, Stachys recta, Galium verum, Asperula tinctoria, Phleum Boehmeri, Stipa Ioannis (последние два вида лишь в небольшом обилии).

Существенно иной характер имеют вполне остепненные поляны с ксерофитной растительностью. Они возникают на месте более сухих типов сосновых лесов, в условиях возвышенного рельефа и песчаного субстрата. Здесь травяной покров не бывает сплошным, а обычно более или менее разрежен. Подобные поляны тоже чередуются почти всегда с куртинами и островками леса, но большей частью чисто соснового. Показательно, что поляны с ксерофитной растительностью распространены исключительно в восточной части Южноульяновского водораздела, напротив, в его центральной и западной частях мы их не наблюдали. Характер растительности таких полян довольно разнообразен. Широко распространены поляны с доминированием Artemisia Marschalliana, несколько менее — с доминированием Kochia arenaria. В том и в другом случае растительность не имеет резко выраженного степного характера. Но встречаются поляны с типичной степной растительностью, так, в одних случаях доминирует Stipa Ioannis, в других —Koeleria glauca, есть поляны, где основная роль принадлежит Festuca Beckeri. Во всех этих ассоциациях имеется и целый ряд других степных видов.

Укажем еще на остепненные склоны с южной экспозицией, где господство степных видов выражено в наибольшей степени. Такие склоны на Южноульяновском водоразделе, в общем, встречаются редко. Здесь также доминируют Stipa Ioannis,Koeleria glauca, Festuca Beckeri, а кроме того Thymus serpyllum и некоторые другие виды.

В связи с характеристикой безлесных территорий укажем на основные особенности остепненности вообще Южноульяновского водораздела. В целом, остепненность этой местности весьма невелика и, бесспорно, является вторичной; в первоначальном растительном покрове осте-

пненность, повидимому, отсутствовала (во всяком случае, в центральных частях района). Замечено, что остепненность увеличивается по направлению к востоку, что указывает на проникновение степных элементов в данную местность преимущественно с востока и юго-востока. Распространение степных форм было связано, несомненно, с порубками. В настоящее время степные элементы проникли, главным образом, в сухие травяные боры с разреженным древостоем. В других лесных типах участие степных видов незначительно или полностью отсутствует. В гораздо большей степени степные формы проникают на необлесившиеся участки. Особенно значительно их участие на полянах и вырубках среди сухого соснового леса, где иногда присутствуют даже такие растения, как ковыль Иоанна, тонконог сизый, овсяница Беккера и т. д. Однако эти наиболее типичные степные элементы наблюдаются почти исключительно в восточной части района. Во всех остальных частях Южноульяновского водораздела остепненность значительно меньшая, даже на сухих вырубках и полянах.

III. Некоторые соображения о водоохранном значении лесов Южноульяновского водораздела

Раньше уже было отмечено, что для нашего района водоохранное значение лесов особенно велико, поскольку здесь располагаются верховья многих рек бассейна Волги. От водного режима данной территории зависит в значительной степени питание указанных рек, а, следовательно, и их полноводность в меженный период. В свою очередь общеизвестно, что регуляторами поступления воды в реки являются леса и это есть одно из проявлений их гидрологической роли. Известно также, что в верховьях рек водоохранные свойства лесов приобретают особенно большое значение и само существование рек здесь часто зависит от наличия лесов. Из этого следует, что от облесенности Южноульяновского водораздела и от характера самих лесов находятся в зависимости такие важные народнохозяйственные проблемы, как условия судоходства и сплава леса на ряде притоков Волги, строительство гидроэлектростанций, успех рыбных промыслов и т. д. Безусловно, лесные массивы Южноульяновского водораздела оказывают большое влияние и на р. Волгу через такие ее притоки, как Сура, Свияга и Сызрань.

Однако водоохранное значение лесов Южноульяновского водораздела заключается далеко не только в этом. Их роль велика и в сохранении влаги, необходимой для сельскохозяйственных растений. В грандиозном плане наступления на засуху этот крупный лесной район имеет немаловажное значение. Расположенные здесь леса, так же как и лесные массивы других пунктов Приволжской возвышенности, оказывают, прежде всего, известное влияние на общий влагооборот. Но особенно велико влияние этих лесов на местные природные условия, которое проявляется в изменении режима грунтовых вод, причем, не только под лесом, но и на сельскохозяйственной территории, в изменении микроклимата и т. д. Наконец, леса района имеют огромное противоэрозионное значение, оно велико особенно потому, что в данной местности почвы и грунты почти всюду легкого механического состава, вследствие чего легко подвергаются размыву. И действительно, на обезлесенных территориях, при наличии расчлененного рельефа, приходится видеть многочисленные и быстро растущие овраги, как, например, к северо-западу от с. Головцова, Жадовского района, в различных частях Кузоватовского района и во многих других местах. Понятно, что отмеченное ранее воздействие лесов на реки представляет одновременно большой интерес и для сельского хозяйства, так как более высокий и постоянный меженный уровень воды в реках благотворно сказывается на режиме грунтовых вод прилегающих полей.

В свете изложенных выше соображений приобретает особое значение тот тревожный факт, что за последние десятилетия водоохранная роль лесов Южноульяновского водораздела определенным образом снижается. Причина этого — порубки леса, которые привели к появлению обширных безлесных территорий в результате плохого естественного лесовозобновления, или к возникновению типов леса, имеющих небольшое водоохранное значение. Ухудшению водного режима территории во многих случаях способствует и рост оврагов, который в свою очередь является следствием снижения противоэрозионной роли леса.

Можно привести много доказательств, убеждающих нас в том, что водоохранная роль лесов нашего района заметно снижается. Ярким показателем в этом отношении является состояние болот. Как уже отмечалось, повиди-

мому, все болота данного района связаны с грунтовым питанием. Хотя, безусловно, в прошлом сфагновые мхи в образовании многих болот играли большую роль, тем не менее, типичных верховых болот в нашей местности надо думать, не было. В этой связи весьма существенно то, что в настоящий момент на Южноульяновском водоразделе наблюдается высыхание многих болот. При этом показательно, что у болот, расположенных среди крупных лесных массивов, это выражено в значительно меньшей степени и грунтовые воды появляются здесь на сравнительно небольшой глубине. Напротив, на обезлесенных или малолесных территориях пересыхание болот — обычное явление. На частые случаи пересыхания болот указывает и В. И. Смирнов (23) для Кузнецкого района, Пензенской области. Не подлежит сомнению, что пересыхание болот вызвано понижением уровня грунтовых вод, что в свою очередь связано с уменьшением площади лесов и с ухудшением их водоохранных качеств.

Наряду с этим, на Южноульяновском водоразделе повсеместно можно видеть и усыхание озер. Озера прогрессивно мелеют и постепенно зарастают растительностью. Нам приходилось наблюдать усыхание даже относительно более крупных озер, как, например, оз. Светлого (Святого), расположенного в верховьях р. Суры. По свидетельству местных жителей, оз. Светлое еще несколько десятилетий тому назад занимало гораздо большую площадь. Теперь же озеро опоясано широкой лентой тростника, которым оно и зарастает. Интересно, что усыхание оз. Светлого происходит несмотря на то, что лесов в окружающей местности сохранилось довольно много. На более же обезлесенных территориях процессы усыхания озер выражены в гораздо большей степени.

Но особенно характерен тот факт, что совсем недавно произошло отступление истока реки Суры. Как нам удалось выяснить у местных жителей, еще лет 15 тому назад, р. Сура брала начало в д. Сурские Вершины, Жадовского района, где она вытекала из родников по дну лога. Такое положение истока р. Суры и указано почти на всех картах. В настоящий же момент исток р. Суры переместился на 3—4 км к югу от д. Сурские Вершины. Безусловно это связано с сильным истреблением лесов на окружающих территориях, особенно к северу и северо-западу от указанной деревни.

Снижение водоохранной роли лесов сказывается не

только на истоках рек, но и на самих реках, в том числе, в их среднем и нижнем течении. Конечно, в этом случае имеет большое значение состояние лесов по всему бассейну данных рек, но тем не менее роль лесов Южноульяновского водораздела и здесь очень велика. Даже такая крупная река, как Сура, за последнее время очень сильно обмелела. По целому ряду данных (19) и по рассказам местных жителей Сура в прошлом была судоходна. Теперь же на ней судоходство совершенно невозможно и даже затруднительно производить сплав леса. Заметное обмеление наблюдается также у р. Свияги, р. Сызрани и у других рек. Не подлежит сомнению, что указанная картина обмеления рек связана исключительно с уменьшением водоохранной и противоэрозионной роли лесов, так как в историческую эпоху на территории Европейской части СССР не наблюдалось заметного уменьшения количества атмосферных осадков, как это убедительно показал Л. С. Берг (2)[1].

Имея в виду приведенные факты снижения водоохранной роли лесов, мы и делаем попытку проанализировать лесную растительность Южноульяновского водораздела с точки зрения ее водоохранного значения. Критерием для такого анализа (при отсутствии специальных гидрогеологических исследований) у нас служит сама растительность, особенно травянистая растительность под пологом леса. Выше уже говорилось о том, что ряд травянистых растений, встречающихся в лесах, проявляют себя хорошими индикаторами на условия увлажнения, в частности, на глубину залегания грунтовых вод. Однако, индикаторами могут быть не только отдельные растения, но и их закономерные сочетания. Эти индикаторы, наряду с оценкой других особенностей данной географической обстановки, и позволяют нам делать соответствующие выводы.

Совершенно очевидно, что особенно важно оценить с точки зрения водоохранного значения те типы леса, которые на Южноульяновском водоразделе пользуются наибольшим распространением. При описании растительного

---

[1] Правда, необходимо отметить, что Л. С. Берг явным образом недооценивает огромную роль лесов в предотвращении обмеления рек так же, как и роль человека, вырубающего и изменяющего эти леса, почему главным образом реки и мелеют.

покрова было отмечено, что к числу наиболее распространенных лесных типов данного района относятся сосновые леса зеленомошники. Следовательно от состояния этих лесов во многом и зависит водный режим территории. Целый ряд фактов заставляет думать, что водоохранное значение наших сосняков зеленомошников весьма велико; именно, под этими лесами происходит накопление влаги и грунтовые воды стоят высоко. Основание для такого заключения мы получаем из анализа особенностей травяно-кустарничкового яруса сосняков зеленомошников. Раньше уже указывалось, что, несмотря на песчаную почву, сосняки брусничники данного района существенно отличаются от таковых других пунктов лесостепной зоны, в частности, здесь почти отсутствуют степные элементы, но часто имеются типичные боровые формы. Особенно же показательно произрастание здесь растений, которые мы рассматриваем как индикаторы на грунтовые воды. К ним относятся, как уже отмечалось, лапчатка лесная и сивец луговой. Такое же значение имеют и случаи присутствия черники, иногда в значительных количествах, вплоть до образования бора черничника.

Нетрудно видеть, что все эти данные говорят только о том, что в условиях изученной местности сосновые леса зеленомошники не понижают уровень грунтовых вод, а, напротив, способствуют его повышению. Тем самым, наши исследования вполне подтверждают указание М. Е. Ткаченко (26, 27), что в сосновых лесах и в особенности в бруснично-черничном типе бора на песчаной почве уровень грунтовых вод под лесом в подавляющей части вегетационного периода выше, чем вне леса.

В то же время мы можем утверждать, что современное состояние сосняков зеленомошников Южноульяновского водораздела таково, что их водоохранная роль в значительной степени упала. Это нетрудно доказать. Прежде всего, всяческого внимания заслуживает тот факт, что отступление истока р. Суры произошло в том районе, где наибольшим распространением пользуются сосняки зеленомошники. Также среди массивов сосновых лесов зеленомошников приходилось наблюдать усыхание

озер, как, например, оз. Светлого в Жадовском районе[1]. Результатом снижения водоохранной роли леса явилось и то, что естественное возобновление сосны в борах зеленомошниках стало происходить гораздо более затруднительно, особенно на возвышенных местах. Во многих случаях это привело к тому, что появились обширные вырубки, необлесившиеся или частично облесившиеся, а также разреженные сухие травяные боры. Возникновение травяных боров, несомненно, есть следствие снижения водоохранной роли леса, равно как и хозяйственной нарушенности леса человеком. То же в значительной степени относится и к появлению пятен бора беломошника.

Основную причину снижения водоохранной роли сосняков зеленомошников мы видим в том, что при порубках этого типа леса не обеспечивались условия для восстановления всех его природных особенностей. Самым существенным в этом отношении было частичное или полное исчезновение мохового покрова, а также появление более разреженного древостоя. Есть все основания полагать, что в доагрикультурный период, как об этом говорилось уже раньше, на Южноульяновском водоразделе, в отличие от других пунктов лесостепной зоны, были распространены довольно типичные сосняки зеленомошники с хорошо развитым моховым покровом. Причина этого — своеобразие гидрогеологического режима территории, именно, ее большая обводненность в результате близкого залегания грунтовых вод. В свою очередь леса со сплошным моховым покровом способствовали сохранению влаги в почвогрунтах. Деградация мохового покрова после порубок леса, что нашло особенно резкое выражение в голых сосняках, имела существенное значение в ухудшении водоохранных свойств боров зеленомошников. Но, несмотря на это, сосняки зеленомошники и в их современном состоянии продолжают играть большую роль в сохранении влаги на всей территории настоящего района.

[1] Мы не склонны объяснять усыхание таких озер только заносом их продуктами эрозии, как это делает Л. С. Берг (2). Например, оз. Светлое со всех сторон окружено лесом и процессы эрозии здесь выражены в минимальной степени, если не отсутствуют. Усыхание данного озера мы объясняем изменением гидрогеологического режима местности в результате снижения водоохранной роли окружающего соснового леса, а также появлением в этом районе необлесившихся вырубок и вторичных лесных типов, имеющих небольшое водоохранное значение.

Второй тип леса, который важно оценить с водоохранной точки зрения — это сосняки сложные. Общеизвестны преимущества сложных и смешанных лесов в отношении их водоохранной роли. На Южноульяновском водоразделе это проявляется особенно резко, благодаря обилию грунтовых вод в поверхностных геологических напластованиях. Сложные сосняки, занимая по сравнению с сосняками-зеленомошниками несколько более пониженные площади, где грунтовые воды располагаются ближе к поверхности, способствуют еще большей обводненности почвогрунтов. Это доказывается обилием в данном типе леса (гораздо большем, чем в сосняках зеленомошниках) таких гигрофитных растений — индикаторов на грунтовые воды, как лапчатка лесная, сивец луговой и некоторых других. О том же говорит частое присутствие среди сложных сосняков небольших понижений с гигрофитной растительностью и нередко явными следами заболачивания.

Но как уже указывалось, в настоящий момент сложные сосняки не очень широко распространены, так как они в значительной степени сменены вторичными типами, главным образом березняками, в меньшей степени — дубовыми и осиновыми лесами. Законно предположить, что такая смена привела к снижению водоохранной роли леса. В особенности это относится к березовым лесам, так как существует мнение, что береза сильно иссушает почвогрунты. Однако, фактически в большинстве случаев ничего подобного не наблюдается. В березовых лесах мы находим все те же признаки близости грунтовых вод — обилие гигрофитных видов, наличие сырых понижений со специфической растительностью и т. д. Следовательно, березняки, если они не слишком разрежены, не снижают водоохранных качеств леса, как на это и показывает сама растительность. Правда, возможно имеет значение и то, что в данном районе редко приходится наблюдать спелые березовые леса, а обычно преобладают сравнительно молодые насаждения с возрастом деревьев в 20—30—40 лет.

Характерным для нашего района, в большинстве случаев, является слабое развитие, или почти полное отсутствие подлеска из кустарников в сложных сосняках, а также в сменивших их березняках. Вообще это служит признаком более низкой водоохранной способности леса.

Тем не менее, указанные типы леса в условиях Южноульяновского водораздела обладают высокими водоохранными свойствами, что связано с благоприятным гидрогеологическим режимом территории. Интересно, что севернее Южноульяновского водораздела (в Карсунском районе, Ульяновской области) сложные сосняки такого же типа (с дубом во втором ярусе и с доминированием коротконожки перистой и вейника лесного) имеют чаще всего хорошо развитый подлесок. Тем не менее, они не являются такими накопителями влаги и здесь совершенно отсутствуют гигрофитные растения — индикаторы на грунтовые воды. Безусловно, это объясняется иными чертами гидрогеологии данной местности. Приведенный факт является хорошим примером того, что сходные типы леса в различных условиях могут иметь неодинаковое водоохранное значение. Не подлежит сомнению, однако, что при наличии хорошо развитого подлеска водоохранное значение сложных сосняков и березняков Южноульяновского водораздела значительно бы повысилось.

Из других типов леса мы еще укажем на леса с участием липы. Поскольку в таких лесах липа часто образует густой подлесок, то их водоохранное значение весьма велико, в особенности, когда они располагаются крупными массивами, как, например, в верховьях р. Свияги. Занимая местами склоны возвышенных водоразделов, такие леса имеют и большое противоэрозионное значение. Но так как леса с большим участием липы не пользуются на Южноульяновском водоразделе повсеместным распространением, то и их положительная водоохранная и противоэрозионная роль имеет лишь местное значение.

Ухудшение водного режима территории зависело не только от возникновения типов леса с меньшим водоохранным значением, но и от появления многочисленных необлесившихся или слабо облесившихся вырубок. Особенно отрицательное влияние оказали необлесившиеся вырубки на местообитаниях сосняков брусничников, здесь отсутствие леса привело к резкому снижению уровня грунтовых вод. Это доказывается тем, что такие вырубки приобретают растительность явно ксерофитного характера, местами со значительным участием степных элементов. Но, как показали наши наблюдения, небольшие вырубки и поляны среди леса не снижают водоохранной роли последнего. Это особенно резко проявляется, когда поляны

располагаются среди сложных сосняков или их дериватов. И действительно, наличие на подобных полянах мезофитной растительности, часто с присутствием гигрофитных элементов, подтверждает такое заключение.

Приведенная оценка растительного покрова Южноульяновского водораздела в водоохранном отношении позволяет нам сделать некоторые практические выводы о путях улучшения и восстановления лесов этого важного района Среднего Поволжья с той целью, чтобы они вновь приобрели большое водоохранное (а в ряде случаев и противоэрозионное) значение. Наши выводы сводятся к следующему:

1. Первоочередной задачей является облесение вырубок и полян, особенно обширных и вышедших из-под чистого соснового леса на песчаной почве, а также облесение овражных площадей.

2. Облесение вырубок и полян может вполне достигнуть своей цели лишь в том случае, если будут создаваться типы леса, имеющие наибольшее водоохранное значение. К таким типам леса в условиях Южноульяновского водораздела относятся сложные сосняки, сосняки зеленомошники с хорошо выраженным моховым покровом и все типы лиственного леса с густым подлеском из липы. Особенно целесообразно создавать первые два типа леса, так как они одновременно представляют наибольший лесохозяйственный интерес.

3. Поскольку больше всего необлесившихся или плохо облесившихся вырубок находится на местообитаниях чистого соснового леса, то основное внимание должно быть уделено восстановлению типичных боров зеленомошников. При наличии благоприятного гидрогеологического режима, создание достаточно типичных сосняков зеленомошников с хорошо развитым моховым покровом на Южноульяновском водоразделе вполне возможно. Однако практиковавшаяся до сих пор посадка сосны рядами, когда экземпляры саженцев значительно удалены друг от друга, не обеспечивает восстановления сосняков, имеющих большое водоохранное значение. В лучшем случае при этом формируются сосняки зеленомошники с отдельными пятнами мхов, в худшем случае образуется травяной бор с более или менее обильной травянистой растительностью и обычно разреженным древостоем. Восстановление сосняков зеленомошников с обильным мохо-

вым покровом осуществимо, по нашему мнению, лишь при густой посадке сосны, когда возможность проникновения травянистых растений под полог деревьев исключена. Рост сосны при таких густых посадках не ухудшается, а даже улучшается, как на это указывают В. Э. Шмидт (30) и Н. И. Фортунатов (28). Разумеется, желательна экспериментальная проверка этого способа в данных условиях, но наблюдавшиеся часто нами густые естественные заросли молодой сосны со сплошным моховым покровом свидетельствуют, как нам кажется, о том, что этим путем легче всего добиться образования достаточно типичного зеленомошника, но, повидимому, при соответствующем уходе за лесом.

4. При наличии супесчаных и других более тяжелых почв следует создавать не чистые сосняки, а сложные, выращивая сосну совместно с дубом и вводя под полог сосны липу, а также различные кустарники. Но ввиду того, что в условиях Южноульяновского водораздела на местообитаниях сложных сосняков имеют достаточно большое водоохранное значение и сосново-дубовые леса без выраженного подлеска, допустимо создавать насаждения без липы и кустарников при желании иметь под пологом деревьев травостой, предназначаемый для кормового использования.

5. Наряду с облесением вырубок и полян указанными путями, нуждаются в более или менее глубокой реконструкции и существующие лесные типы с целью усиления их водоохранной роли. Так, необходимо изыскать средства улучшения сосняков зеленомошников, в особенности голых сосняков. Желательно некоторые лиственные леса (например, разреженные березняки) превратить в сложные и более компактные насаждения и т. д. Площади сухих травяных боров следует сократить до минимума, в преобладающем большинстве случаев они могут быть превращены в сосняки зеленомошники, правда, во многих случаях и не вполне типичные, но достаточно ценные в водоохранном отношении. При наличии чистых сосновых лесов на супесчаных почвах целесообразна их трансформация в сложные сосняки (в особенности в сосново-липовые леса).

6. В снижении водоохранной роли лесов на Южноульяновском водоразделе немаловажное значение имеет и производство выпаса скота в лесу и на лесных полянах,

поэтому лесопастбищная проблема приобретает здесь большое значение. В данном районе, в связи с обилием лесов и песчаных площадей, в сенокосах и пастбищах наблюдается острый дефицит, почему кормовое использование леса пока что остается неизбежным. Но пастбищное и сенокосное использование лесов должно производиться с учетом интересов лесного хозяйства (водоохранной роли леса, хода лесовозобновления, возможности эрозии и т. д.). Так, следует совсем запретить выпас скота в сухих травяных борах и в сосняках зеленомошниках. Допустим умеренный выпас в типах леса с доминированием коротконожки перистой, которая по данным И. В. Ларина (15) в условиях лесостепи хорошо поедается скотом. Травостой из коротконожки в ряде случаев может использоваться и сенокосно. Для сенокосного использования наиболее пригодны поляны с луговым мезофитным травостоем, обильные в некоторых пунктах района. Поскольку такие поляны, имея сравнительно небольшие размеры и чередуясь с лесными участками, не снижают существенно водоохранной роли леса, то их можно временно не облесять, а использовать сенокосно. Вообще же в данном районе кормовая проблема может быть вполне удовлетворительно разрешена лишь при широком развитии травосеяния. В дальнейшем следует стремиться к тому, чтобы на основе внедрения в колхозах и совхозах травопольной системы земледелия совершенно прекратить пастбищное и сенокосное использование лесов, что, вместе с правильной организацией лесного хозяйства, обеспечит неизменность их высокой водоохранной роли.

ЛИТЕРАТУРА

1. О. Баум. Отчет о ботанических исследованиях на правом берегу Волги, между Казанью и Сарептой. Прот. заседания Общ. естест. при Казан. унив., т. I, 1869—1870.

2. Л. С. Берг. Климат и жизнь, изд. 2, М. 1947

3. В. В. Благовещенский и Р. Е. Левина, Лекарственные растения бассейна р. Б. Черемшан и их запасы, рукопись (находится в рукописном фонде треста Главлектехпром), 1946.

4. В. В. Благовещенский. Растительные отношения в районе Клинско-Дмитровской гряды Московской области, рукопись (хранится в библиотеке Моск. Гос. унив.), 1941.

5. М. Богданов. Птицы и звери черноземной полосы Поволжья и долины средней и нижней Волги, Труды Общ. естест. при Казан. унив., т. I, 1871.

6. Г. Вальтер, В. В. Алехин. Основы ботанической географии. М.-Л., 1936.

7. Геоботаническое районирование СССР, под ред. Е. М. Лавренко, А. Н. СССР, 1947.

8. И. Н. Гладцин. Геоморфология СССР. Часть I. Европейская часть и Кавказ, Л., 1939.

9. А. Я. Гордягин. Растительность Татарской Республики, Сборн. Географическое описание Татарской Республики. Часть I. Природа края, Казань, 1922.

10. Г. Гроссет. Геоботанический очерк северо-восточной части б. Ульяновской губернии, Бюлл. Моск. Общ. испыт. природы, нов. сер., 41, 1932.

11. Л. Калашников. К характеристике сосновых ассоциаций Кузнецкого округа Средневолжского края, Изв. Сарат. гос. инст. с.-х. и мелиор., в. 5, 1929.

12. Н. Я. Кац. Типы болот СССР и западной Европы и их географическое распространение, М., 1948.

13. Н. Я. Кац. О типах олиготрофных сфагновых болот Европейской России и их широтной и меридиональной зональности. М., 1928.

14. С. Коржинский. Северная граница черноземно-степной области восточной полосы Европейской России в ботанико-географическом и почвенном отношении. II, Фитотопографические исследования в губерниях Симбирской, Самарской, Уфимской, Пермской и отчасти Вятской. Труды. Общ. естест. при Казан. унив., т. XXII, в. 6, 1891.

15. Кормовые растения естественных сенокосов и пастбищ СССР. Под. ред. И. В. Ларина, Л., 1937.

16. И. П. Копосов. Агропочвенные районы Ульяновской области, Ульяновск, 1948.

17. М. В. Марков. Растительность Татарии, Казань, 1948.

18. Е. В. Милановский. Геологическое строение, подземные воды и полезные ископаемые Ульяновской губернии, Геолог. сборн. Изд. Общ. изучен. Ульяновск. края, 1927.

19. Природа, хозяйство, культура Ульяновской губернии, Ульяновск, 1927.

20. Р. Ризположенский. Описание Симбирской губернии в почвенном отношении, Труды Общ. естест. при Казан. унив., т. XXXVI, в. 2, Казань, 1901.

21. Россия. Полное географическое описание нашего отечества. Под. ред. В. П. Семенова, т. 6. Среднее и Нижнее Поволжье и Заволжье, СПБ, 1901.

22. Ю. В. Рычин. Флора гигрофитов, М., 1948.

23. В. И. Смирнов, Ботанико-географические исследования в северо-восточной части Саратовской губернии, Труды Общ. естест. при Казан. унив., т. XXXVII, в. 4, 1903.

24. И. И. Спрыгин. Растительный покров Средне-Волжского края. Самара, 1931.

25. И. И. Спрыгин, О некоторых лесных реликтах Приволжской возвышенности, Учен. зап. Казан. унив., т. 96, кн. 6, в. 3, 1936.

26. М. Е. Ткаченко, Лекции по лесоводству. М., 1944.

27. М. Е. Ткаченко. Проблемы рационализации советского лесного хозяйства и задачи лесохозяйственных наук, Труды института леса АН СССР, т. II, 1948.

28. Н. И. Фортунатов, Гнездовая посадка сосны., Агробиол., № 1, 1949.

29. А. П. Шенников, Луговая растительность СССР. Сборн. Растительность СССР, т. I, М.-Л., 1938.

30. В. Э. Шмидт. Возобновление леса производством густых культур. Агробиология, 4, 1948.

В. В. Благовещенский

Доцент, кандидат биологических наук

О ЛЕСНЫХ АССОЦИАЦИЯХ С ОСОКОЙ ВОЛОСИСТОЙ В УЛЬЯНОВСКОМ ЗАВОЛЖЬЕ

Для широколиственных лесов Европейской части СССР ассоциации с осокой волосистой (Carex pilosa Scop) весьма характерны. Эти ассоциации свойственны более сухим и хорошо дренированным местообитаниям и мирятся со сравнительной бедностью почвенного субстрата. Осока волосистая справедливо считается одним из наиболее типичных спутников дуба и весьма показательно, что ее ареал и ареал дуба (Quercus Robur L.), особенно восточные части этих ареалов, довольно точно совпадают. За последнее время связь дуба с осокой волосистой рассматривается в историческом аспекте, так М. Г. Попов (3) полагает, что в постплиоценовое время дубравы Восточной Европы распространились до Урала и увлекли с собой осоку волосистую. К этому можно добавить, что синузия осоки волосистой оказалась более устойчивой, чем синузия дуба при последующем сокращении площади дубрав, мы ее встречаем сейчас не только в дубравах, но и в липовых лесах, и в различных мелколиственных типах (березняках, осинниках, сероольшатниках) и даже частично в елòвых лесах.

Изучение географизма ассоциаций с осокой волосистой, несомненно, имеет большой научный интерес. Однако эти ассоциации исследованы наиболее хорошо лишь в центральных областях Европейской части СССР, напротив, для районов, расположенных к востоку от Волги, мы имеем о них значительно более скудные сведения. И видимо только отсутствием достаточного количества данных можно объяснить утверждение В. В. Алехина (1), что осока волосистая за Волгой «почти отсутствует».

Произведенные нами летом 1946 г. исследования в

заволжской части к востоку от г. Ульяновска вполне определенно показали, что осока волосистая здесь не только не является редкостью, а может рассматриваться как один из основных доминант широколиственных лесов и ассоциации с осокой волосистой здесь прекрасно выражены и занимают большие площади. На присутствие осоки волосистой в широколиственных лесах указывает и М. В Марков (2) для Закамья в Татарской АССР.

В настоящей статье и приводятся краткие итоги исследования ассоциаций с осокой волосистой в Ульяновском Заволжье. Нам думается, что новые сведения об этой ассоциации помимо общего ботанико-географического интереса важны и в практическом отношении, именно, они дают материал для типологии лесов Ульяновской области, что весьма существенно для лесоводства. Кроме того следует напомнить, что данные по растительности Ульяновской области, и в особенности по ее заволжской части, исключительно скудны.

Изучению были подвергнуты водораздельные пространства, прилегающие к р. Большому Черемшану в его среднем и нижнем течении, начиная от дер. Старой Кармолы, Куйбышевской области, до впадения Б. Черемшана в Волгу.

Исследованная местность представляет собой волнистую, местами даже всхолмленную равнину, с общим заметным уклоном на юго-запад, по направлению к Волге. Однако правобережье и левобережье Б. Черемшана существенно отличаются по характеру своего рельефа. Правый берег почти всегда возвышенный (до 40 м над уровнем реки) и спускается к реке крутыми уступами, напротив, левый берег пологий и постепенно переходит в речную долину. Соответственно на левобережьи преобладают выравненные формы рельефа, тогда как на правобережьи местность или сильно волнистая или даже всхолмленная, нередко она перерезана узкими и глубокими долинами речек или безводными балками.

Различия в рельефе сказываются на характере почв и растительности. Левобережные водоразделы по преимуществу черноземные и почти совершенно лишены леса. Напротив, на возвышенном правобережьи сосредоточено преобладающее большинство лесов района, чаще всего встречающихся на оподзоленных черноземах или на серых оподзоленных суглинистых и супесчаных

почвах. Если не считать сосновых лесов на бедных песчаных почвах, то для района исследования можно отметить две преобладающие лесные формации:

1. Дубовые леса или чаще их мелколиственные дериваты (осинники, березняки).

2. Липовые леса, чистые или с большей или меньшей примесью дуба и других пород.

Дубовые леса и их дериваты сосредоточены преимущественно в районе среднего течения Б. Черемшана, примерно до широты гор. Мелекесса, где пользуются наибольшим распространением суглинистые разности почв (под лиственными лесами); напротив, липовые леса свойственны возвышенным правобережным водоразделам нижнего течения Б. Черемшана (южнее гор. Мелекесса). Здесь преобладают супесчаные и даже песчаные почвы и местность отличается особенно сильной расчлененностью.

Рассмотрим сначала дубовые леса (и их дериваты) среднего течения Б. Черемшана. При знакомстве с этими дубравами прежде всего бросается в глаза простота их фитоценологического строения и относительная флористическая бедность. Обычно здесь преобладает трехярусное сложение фитоценоза (древесный ярус, кустарниковый и травянистый), но в ряде случаев и кустарниковый ярус не выражен. Это вполне соответствует представлению других авторов об обедненности заволжских дубрав. В связи с этим стоит и отсутствие большого разнообразия ассоциаций дубового леса в исследованном районе.

Не имея перед собой задачи давать характеристику дубрав Ульяновского Заволжья в целом, мы только отметим тот показательный факт, что здесь в качестве доминанта или во всяком случае субдоминанта травянистого яруса очень часто выступает осока волосистая. Наиболее обычны такие участки леса, где в одинаковой степени доминируют Carex pilosa и Aegopodium podagraria. Древесный ярус в этом случае бывает часто образован не только дубом, но также березой или осиной. Как правило, хорошо выражен подлесок, где основную роль играет липа и реже встречаются клен и орешник. В травянистом ярусе, помимо указанных доминант, присутствуют в меньшем обилии виды, многие из которых

принадлежат к типичному для дубрав «широколиственному разнотравию».

Из них можно назвать: Convallaria majalis, Orobus vernus, Pulmonaria officinalis, Asarum europaeum, Rubus saxatilis, Milium effusum, Stellària holostea, Dryopteris filix mas, Viola mirabilis, Melica nutans, Paris quadrifolia, Majanthemum bifolium.

Таким образом, в среднем течении Б. Черемшана в области наибольшего распространения суглинистых разностей почв осока волосистая в дубравах является весьма характерным растением и если участки с ее абсолютным доминированием сравнительно редки, то ее содоминирование с видами из широколиственного разнотравия очень обычно.

В нижнем течении Б. Черемшана, к югу от г. Мелекесса, как уже указывалось, пользуются наибольшим распространением липовые леса на супесчаных почвах. Особенно большие массивы липовых лесов сосредоточены в районе дер. Ерыклинск, Николо-Черемшанского района, Ульяновской области. Здесь на больших площадях присутствуют чистые липняки, приуроченные к наиболее возвышенным положениям правобережья Б. Черемшана. Рельеф района распространения липовых лесов чрезвычайно сложен: местность перерезана многочисленными узкими и глубокими балками, крутизна склонов которых достигает 30—40°. Днища балок обычно корытообразные и безводные.

И несмотря на то, что липовые леса здесь занимают очень большие площади (только в районе дер. Ерыклинск ими покрыто 60—70 кв. км) и местность отличается чрезвычайно сложным рельефом, почти всюду можно наблюдать лишь одну ассоциацию липового леса с осокой волосистой. Можно без преувеличения сказать, что это единственная типично выраженная ассоциация липового леса в данном районе, пользующаяся повсеместным распространением. Вместе с тем эта ассоциация отличается здесь удивительной устойчивостью. Как участки леса с молодым густым древостоем, так и участки взрослых, более разреженных насаждений, непременно характеризуются абсолютным доминированием осоки волосистой. Правда, в густых участках леса, при большой сомкнутости крон, осока волосистая становится

более разреженной, но никаких новых доминант не появляется. Но особенно устойчивость данной ассоциации проявляется в ее чрезвычайно малой чувствительности к резким изменениям рельефа. Глубокие балки, которыми изобилует местность, почти не вносят никаких изменений в ассоциацию. Крутые склоны балок покрыты той же липой, только более мелкоствольной, и в травяном ярусе неизменно доминирует осока волосистая. Даже на днищах балок, которые, как указывалось, безводны, мы наблюдаем ту же картину, хотя разреженность травостоя здесь очень сильная (иногда покрытие равно лишь 5—10%). Лишь на северных склонах балок, особенно ближе к Б. Черемшану, где местность становится несколько ниже, можно иногда наблюдать доминирование сныти обыкновенной, часто при полном отсутствии осоки волосистой.

Наряду с повсеместным распространением в данном районе, ассоциация липового леса с осокой волосистой отличается большим однообразием и постоянством в своем строении. Сложение фитоценоза обычно трехярусное: ярус древесный, ярус кустарниковый и ярус травянистых растений. В древесном ярусе на большинстве участков ассоциации присутствует только липа или имеется незначительная примесь других пород (дуба, клена, осины). Ярус кустарников, как правило, выражен хорошо, его образуют: Corylus avellana, Evonymus verrucosa, Lonicera xylosteum, Sorbus aucuparia. В состав этого яруса часто входит в больших количествах молодая липа и в меньшем обилии клен (Acer platanoides). На крутых склонах балок кустарниковый ярус иногда пропадает или становится сильно разреженным. Ярус травянистых растений отличается всюду чрезвычайным однообразием и крайней флористической бедностью, осока волосистая является единственным доминантом этого яруса, если не считать сравнительно небольшого числа участков, где также доминируют Aegopodium podagraria, Asperula odorata, Convallaria majalis и некоторые другие. Большинство видов в отношении своего обилия не поднимается выше отметки «SP», к их числу относятся: Pulmonaria officinalis, Viola mirabilis, Rubus saxatilis, Brachypodium silvaticum, Stellaria holostea, Fragaria vesca, Orobus vernus, Milium effusum, Pteridium aquilinum, Dryopteris filix mas, Actaea spicata (пос-

ледние два вида встречаются лишь по днищам и склонам балок).

Таким образом, в нижнем течении Б. Черемшана в районе распространения супесчаных почв и в условиях повышенного рельефа ассоциации с осокой волосистой пользуются повсеместным распространением и особенно типично выражены.

Итоги данного исследования могут быть сформулированы следующим образом:

1. Осока волосистая (Carex pilosa Scop.) в Ульяновском Заволжье не только не является редким растением, но всюду фигурирует как один из важнейших доминант ассоциаций широколиственных лесов и их дериватов.

2. В среднем течении Б. Черемшана, в районе распространения суглинистых почв, хотя типичных участков ассоциаций дубрав (и их дериватов) с осокой волосистой не обнаружено, но тем не менее осока волосистая повсеместно выступает как содоминант в травянистом ярусе.

3. В нижнем течении Б. Черемшана, в районе распространения супесчаных почв, повсеместно встречается ассоциация липового леса с осокой волосистой, она здесь типично выражена и отличается удивительной устойчивостью, несмотря на сложный рельеф местности.

4. Ассоциации широколиственного леса с осокой волосистой в Заволжье требуют дальнейшего, более углубленного изучения, причем не только в геоботаническом, но и в лесоводческом отношении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Вальтер, В. Алехин. «Основы ботанической географии», М.-Л. 1936.

2. М. В. Марков. «Лес и степь в условиях Закамья», «Учен. запис. Казан. госуд. универс.», т. 95, кн. 7, 1935.

3. М. Г. Попов, «К истории развития флоры (флорогенезу) Украины», Бюллет. Москов. Общ. испыт. прир., отд. биол., т. II, в. I, 1947.

Н. А. Бочаров

О ПРИЧИНАХ И ВРЕМЕНИ СБЛИЖЕНИЯ ДОЛИН ВОЛГИ И СВИЯГИ В РАЙОНЕ УЛЬЯНОВСКА

Введение

Волга, пройдя частью своего течения вдоль северного края Приволжской возвышенности в восточном направлении, около с. Верхний Услон (против Казани) поворачивает под прямым углом направо и идет на юг до Жигулевских гор, в общем, вдоль меридиана 49° в. д. У западной оконечности этих гор, в районе с. Усолье, направление Волги резко изменяется: ее правый коренной берег под прямым углом поворачивает на восток и река, образовав Самарскую Луку, обходит горы и около Сызрани возвращается почти к прежнему направлению. Расстояние от Казанского поворота до Усольского 265 км по прямой и около 350 км по реке. В 100 км на з.-с.-з. от Усолья, на высоте 250 м, берет начало р. Свияга, впадающая в Волгу на 25 км западнее Казанского поворота. Пройдя от истока около 100 км на с.-с.-в. она близ с. Ключищ несколько отклоняется влево и все дальнейшее расстояние до устья протекает почти в меридиональном направлении, — параллельно Волге, но в противоположную сторону. Расстояние между этими реками, в начале равное 90 км, быстро уменьшается в северном направлении и на широте Криушинского затона оно уже не превышает 30 км. Отсюда до устья Свияги ширина междуречья держится в пределах 25—35 км и только против устья Камы превышает 50 км. Противоположное явление, именно резкое сближение рек, произошло на участке Ундоры—Кременки, протяжением 50 км, где расстояние между ними не превышает 10 км, а на южной окраине Ульяновска оно сократилось даже до 1,5 км. (Рис. 1).

Междуречное пространство в орографическом отношении представляет собою асимметричное плато, более

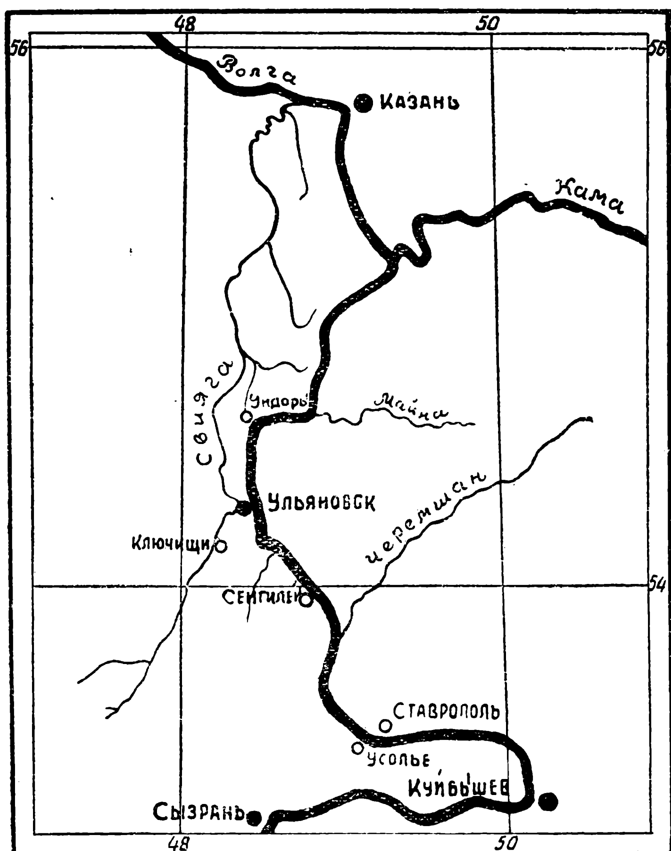


Рис. 1. Волго-Свияжское междуречье.

приподнятое с восточной стороны и образующее высокий правый берег Волги, поднимающийся на 120—180 м над ее меженным уровнем. Водораздел, вследствие указанного наклона поверхности плато, проходит в его приволжской части, на высоте 180—220 м между Казанью и Ульяновском и 250—330 м южнее последнего.

Меженный уровень Волги в районе Ундоро-Кременского перешейка имеет отметки 33—29 м, а уровень Свияги — 103—83 м, каждая пара цифр дает падение реки на указанном отрезке. Следовательно, имеется пре-

вышение уровня в пользу Свияги: на севере 50 м, на юге 74 м; в Ульяновске эта разность равна 62 м.

Ундоро-Кременский перешеек образовался вследствие резкого поворота Волги, в районе впадения Майны, вправо и врезания ее в массив высокого междуречья на 25 км в сторону от первоначального направления. Ниже Кременок правый берег направляется на восток, а от Криушинского затона идет на юго-восток, приближаясь к тому положению, какое он занимал до возникновения Майнского поворота, и достигает его около устья р. Черемшана. Отрезок Волги между Майной и Черемшаном можно назвать Ульяновской Лукой, которая, врезавшись в Приволжскую возвышенность, образовала в ней Ульяновскую выемку, ясно выраженную на участке р. Майна—Криуши. Орографически пространство выемки разделяется на четыре части: сравнительно высокое плато левобережья (50—70 м над рекой) и три низменных участка, расположенных между этим плато и правым нагорным берегом Волги. Низменные участки образованы поймой (8—10 м высоты) и надпойменной террасой, поднимающейся над Волгой на 15—20 м. Плато левобережья принадлежит рисской террасе, которая широким клином выступает в направлении Ульяновска, где расстояние между ней и правым берегом сократилось до 4 км; это Ульяновские Ворота, на север от которых расположена Ундорская выемка до реки Майны, а на юг — Кременская выемка до Криушинского затона. На ю.-в. от Кременской выемки, непосредственно с ней сливаясь, расположена Тургеневская выемка в высоком плато левого берега. (Рис. 2).

Процесс сближения долин Волги и Свияги на изучаемом участке будет рассмотрен в следующей главе, а здесь остановимся на вопросе о схеме геоморфологической характеристики речных долин.

* * *

Строение и генезис речных долин, как одного из важнейших элементов рельефа суши, рассматривается во всех руководствах по геоморфологии, общей физической географии и по геологии, причём наибольшее внимание уделяется **поперечному профилю** долины, в формировании которого играли роль глубинная и боковая эрозия, а также и аккумуляция. В этом профиле отра-

жается длительная и сложная история развития данного участка долины и формирования современной поймы. Значительно меньше места отводится анализу **продольного профиля** долины, строение которого проще и однообразнее, чем строение поперечного профиля, вследствие чего своеобразные особенности данной долины иногда в нем отражены весьма слабо. Наконец, в литературе чрезвычайно мало внимания уделяется **плану** долины; рассматриваются блуждающие меандры, но не затрагивается вопрос о смещении дна долины и изменении

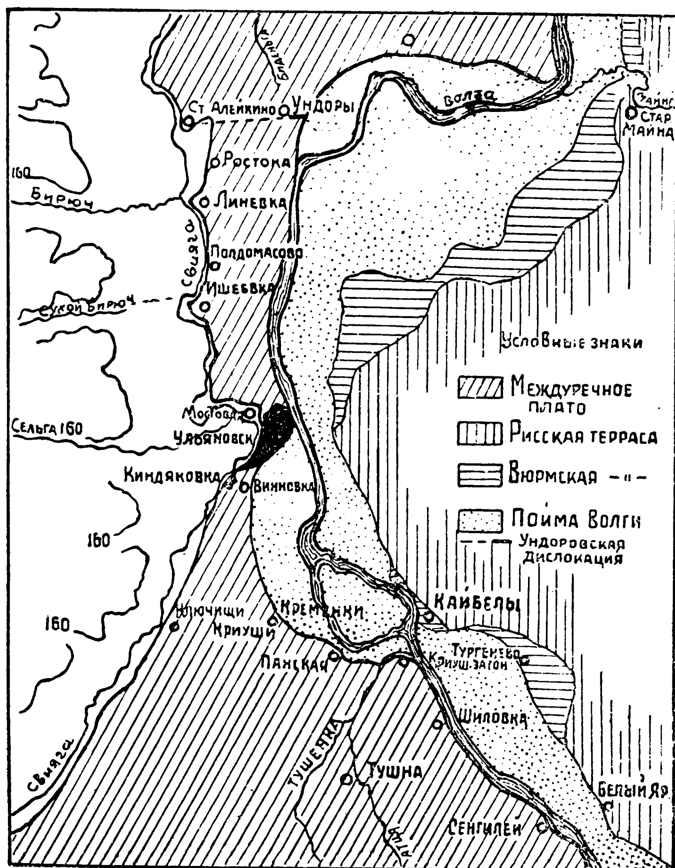


Рис. 2. **Район сближения Волги и Свияги**
масштаб 1 : 750000

ее общего направления. Долина, как и любое геоморфологическое образование, имеет три измерения, поэтому полный геоморфологический анализ ее надо проводить по трем плоскостям: по двум вертикальным (продольный и поперечные профили) и по горизонтальной, т. е. в плане. Надо исследовать смещения дна долины, которые вызывают отклонения долины от ее первоначального направления. Эти отклонения в корне отличаются от меандр, образующихся при одинаковых условиях размывания обоих берегов, когда отклонения в одну сторону компенсируются отклонениями в противоположную сторону, и общее направление долины и русла не изменяется. Разделяя меандры на блуждающие и врезанные, надо иметь в виду, что только вторые являются образованиями долинными в полном смысле слова, — они создают извилистое дно, от которого извилистость передается склонам и достигает бровки. Меандры же блуждающие — это русловые образования, не влияющие ни на формирование склонов долины, ни на ее направление.

Зигзаги диагональных долин, свойственных пенепленизированным (11) и горным (12) областям, тоже отличаются от рассматриваемых мною поворотов, т. к. я имею в виду область горизонтальной структуры, слабо дислоцированную плиту.

Повороты речных долин, в зависимости от их влияния на дальнейшее направление долины, можно разделить на **местные**, ниже которых долина вскоре возвращается к прежнему направлению (напр. Усольский и Майнский повороты Волги), и **радикальные**, за которыми долины окончательно изменяют дальнейшее направление и нигде не возвращаются к прежнему (напр. Казанский и Сталинградский повороты). А так как направление долины является одним из ее геоморфологических признаков, то деление поворотов на местные и радикальные есть деление **морфологическое.**

Другим классификационным признаком поворота надо считать его генезис, т. е. причину и условия развития, каковые отражаются на поперечном профиле данного участка долины, на характере берегов. Изучая по карте орографическую обстановку Усольского, Майнского и Услонского поворотов, легко заметить, что у каждого из них она своеобразна. Около Усолья Волга встретила

непреодолимое препятствие в виде Жигулевского массива и направилась в сторону меньшего сопротивления. Е. В. Пермяков (9) считает, что этот поворот произошел лишь к началу вюрма вследствие тектонического поднятия в западной части Самарской Луки. В генетической классификации такой поворот должен называться **отраженным.** В районе майнского поворота орографическая обстановка совершенно иная. Здесь река отошла от невысокого плоского левого берега, эродировала правый, гористый берег, поднимавшийся над ней на 180—200 м, и врезалась в него на 25 км. Это образец генетического типа **врезанных** поворотов, условия образования которых будут рассмотрены в следующей главе.

Названными двумя типами не исчерпывается все генетическое разнообразие поворотов речных долин, но намечаемая классификация здесь не дается в развернутом виде, так как этого не требуют задачи настоящей статьи.

Кроме морфологических и генетических, т. е. качественных различий, повороты долин имеют различия и количественные, — по величине угла отклонения, под которым понимаем угол между прежним и вновь создавшимся направлением. По этому признаку можно различать: **отклонение** (до 45°), **изгиб** (45°—90°) и **излом** (более 90°).

Ундорская выемка

В треугольнике Старая Майна—Ульяновск—Ундоры, на площади в 700—800 кв. км, Волга срезала береговой массив высотой до 200 м, вынесла отсюда около 100 куб. км твердого материала и образовала Ундорскую выемку. Этот процесс надо рассматривать как результат развития Майнского поворота, но прежде, чем говорить о генезисе этого поворота, необходимо остановиться на вопросе об условиях развития боковой эрозии, приводящей к образованию врезанных поворотов. На интенсивность боковой эрозии влияет составляющая скорость потока, направленная перпендикулярно берегу и, согласно закону Бэра, действующая на всем его протяжении. Но на отдельном участке речной долины, под влиянием местных причин, составляющая скорость потока в сторону берега может возрасти или, наоборот, возникнуть вопреки закону Бэра и действовать в проти-

воположном направлении. Такое местное изменение составляющей скорости может произойти, не считая наличия видимого одностороннего препятствия (преграды), только в том случае, если слои, по которым пролегает русло, падают не по направлению течения, чем вызывается соскальзывание потока в сторону. Отклоняющее влияние этого наклона зависит от угла падения пластов и от направления падения, т. е. направления наклона. В геологии направление падения определяется по сторонам горизонта, в данном же случае его надо определять относительно направления реки и, называя **относительным падением**, выражать величиной угла между линией падения и направлением реки, — от 0° до 180° вправо и влево от этого направления.

Наклон пластов коренных пород влияет на направления реки только в том случае, если она на данном участке находится в фазе эрозии и ее русло лежит на этих породах. Когда же река или ее отрезок находится в аккумулятивной фазе, то относительное падение коренных пород, лежащих в основании долины, не влияет на ее направление.

С другой стороны интенсивность эрозии определяется сопротивляемостью горных пород, — имеется прямая зависимость между податливостью пород и интенсивностью эрозии.

В рассматриваемом случае, т. е. при образовании Майнского поворота, кинетическая энергия Волги в сторону правого берега могла возрасти вследствие увеличения не массы воды, а составляющей скорости, направленной перпендикулярно этому берегу. Это увеличение составляющей скорости, в свою очередь, могло произойти только вследствие дислокации, обусловившей относительное падение пластов вправо. Так как в пределах плиты угол падения не должен быть значительным, то можно предполагать, что отклоняющее влияние наклона здесь в большей степени определяется не углом падения, а относительным падением, вероятно, значительно превышающим 90°.

Дислокация благоприятствовала усилению боковой эрозии и тем, что, нарушив целостность пластов, увеличила податливость пород размыву.

Следовательно **причиной Майнского поворота надо считать дислокацию, благодаря которой увеличилась**

составляющая скорости Волги, направленная в сторону правого берега, и возросла, в зоне деформации слоев, податливость пород, слагающих этот берег.

Предположение о дислокации как о причине Майнского поворота, возникает при рассмотрении физической карты даже мелкого, например, полуторамиллионного масштаба (II т. Большого Советского Атласа Мира), которая показывает, что Волга в этом месте отходила от невысокого левого берега и врезалась в высокий край Приволжской возвышенности. Здесь нет и не могло быть внешней, орографической причины, котооая вызвала бы резкое усиление эрозии правого берега. Отсюда и возникает предположение о наличии в данном районе тектонических смещений, повлиявших на направление течения реки. Это предположение подтверждается анализом крупномасштабной топографической карты, из которой видно, что высота левого берега не превышает 15—20 м, в то время как правый поднимается над рекой на 120—140 м. Наконец, когда мы обращаемся к геологическим данным, из которых видно, что левый берег сложен рисским аллювием, т. е. породой легко размываемой, а правый — плотными пермскими и юрскими породами, то высказанное предположение становится выводом: **Майнский поворот—тектонически обусловленный.** В районе образовавшегося впоследствии поворота Волга вступила в полосу такого относительного падения слоев вправо, которое увеличило составляющую скорость потока в этом направлении, — таков логический вывод из вышеизложенных суждений. К сожалению, нет буровых данных, которыми можно было бы подтвердить этот вывод.

Начало Майнскому повороту было положено в миндель-риссе, а место поворота определилось положением деформационной зоны, которая должна проходить от устья Майны на Старое Алейкино, около которого Свияга образовала значительную выемку в своем правом берегу.

Мое предположение о наличии дислокации в рассматриваемой зоне подтвердилось в 1948 г., когда я обнаружил сложную флексурно-складчатую дислокацию на правом берегу Волги около Ундор на 54°36′ с. ш., где есть обнаженный участок склона, протяжением око-

ло 100 м. Видимая мощность дислоцированных пластов, в число которых входит ауцелловая плита верхневолжского яруса, достигает 7 м. Флексура с амплитудой около 11,5 м простирается в широтном направлении (88°В) по линии Ст. Майна — Ст. Алейкино. Среднее крыло опрокинуто на 5—8°, т. е. перешло через вертикальную плоскость и образовало с ней указанный угол. Верхний замок флексуры деструктирован, так как находился выше современной бровки, — например для ауцелловой плиты на 5—7 м. Верхнее крыло падает на юг под углом 6—8° и выполаживается в 100 м от флексуры; несколько южнее намечается флексура с амплитудой немного больше 1 м. (Рис. 3).

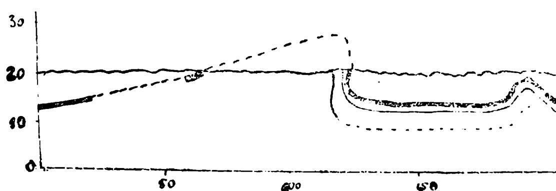


Рис 3 Схема Ундорской дислокации

Южнее флексуры (левая половина рисунка) склон почти сплошь задернен

На 60—70 м севернее первой флексуры проходит прямая антиклинальная складка, высотою около 10 м; падение крыльев 40°. За антиклиналью, на протяжении 100—150 м, есть, повидимому, и другие дислокации, но они сильно замаскированы осыпями и оползнями.

Ундорская дислокация, часть которой срезана Волгой при образовании Ундорской выемки, повидимому, продолжается за Волгу и, вероятно, к ней приурочена долина р. Майны, протяжением более 50 км.

Е. В. Шанцер (10), Г. Ф. Мирчинк (7), А. Н. Мазарович (4) и другие геологи, исследовавшие Среднее Поволжье, отмечают на левом берегу Волги три древних террасы: миндельскую (III), рисскую (II) и вюрмскую (I). По рассматриваемому мною участку долины Е. В. Шанцер дает следующие высоты этих террас над Волгой: первая 15—20 м., вторая 40—60 м с отклонением до 35 и 70 м и третья 90—100 м.

В районе Ульяновской выемки уступ III террасы

проходит на 35—45 км восточнее современного русла Волги, т. е. за пределами самой выемки, поэтому в данной работе он не будет рассматриваться.

Рисская и вюрмская террасы, довольно ясно выраженные на карте 100-тысячного масштаба, идут от приустьевой части р. Майны на юго-запад к Ульяновским Воротам на протяжении 50 км. В районе Ворот уступ рисской террасы изменяет свое направление на 90° и идет отсюда на юго-восток в виде крутого поднятия, возвышающегося на 40—60 м над поймой. Вюрмская терраса здесь сохранилась только в виде узкого отрезка протяжением 7 км, на котором расположены села Крестово-Городище и Кайбелы (15—22 км от Ульяновска). Обе террасы сложены аллювием, который Волга могла эродировать значительно легче, чем пермские, юрские и меловые породы правого берега.

«Чередование оледенений и межледниковых эпох обусловливает соответственно в долинах накопление и размыв песчаных осадков, а по склонам водоразделов смыв, и образование чехлов», — говорит Е. Н. Пермяков (9). Беря первую часть этого положения, касающуюся долин, надо считать, что рисские отложения эродировались в рисс-вюрмскую эпоху, когда окончательно определилось направление вышеуказанного уступа рисской террасы от р. Майны к Ульяновску, наметившееся, в основном, еще в дорисское время. Тогда правый берег шел, приблизительно, параллельно указанному направлению, только дугообразная выемка в северной половине рисского уступа, с хордой в 22 км, образовалась в послерисское время. Последние положения здесь даются без мотивировки потому, что процесс возникновения и формирования Ульяновской выемки в целом, как и некоторые другие вопросы истории долины Волги в пределах Болгарского бассейна, будет рассмотрен в другой работе.

Когда рисс-вюрмская Волга, прорезав западный край рисских отложений, достигла дислоцированных коренных пород, то возобновилось смещение ее вправо, происходившее и в миндель-рисское время. К началу вюрма положение правого берега на северной стороне Ундорской выемки почти не отличалось от его современного положения. Если галечниковые пески с «хозарской» фауной на урочище «Собачья прорва», — северо-восточ-

нее Ундор, — являются рисс-вюрмским образованием, как считают Г. Ф. Мирчинк (7) и Е. В. Шанцер, то надо допустить, что правый берег в то время уже близко подходил к положению современного берега в районе Тарханской пристани. Возможно, что Майнский поворот тогда же перешел в стадию излома.

Предел смещения реки находился приблизительно там, где современный аллювий переходит с вюрмских отложений на коренные породы правого берега, но местоположение этого перехода можно выявить только посредством бурения, которое позволит выяснить картину развития Майнского поворота и скорость смещения русла Волги в различные периоды формирования Ундорской выемки.

Кременская и Тургеневская выемки

Кременская выемка формировалась в иных условиях, чем выемка Ундорская, в район которой Волга все время входила в меридиональном направлении, а затем отклонялась вправо, неизменно в одну сторону. В Кременскую выемку Волга проникает через Ульяновские Ворота, из которых она выходила, до начала рисс-вюрмской эпохи, в южном направлении и почти тотчас поворачивала на юго-восток; позднее она проходила их в юго-западном направлении, а в настоящее время русло Волги в этом месте идет вторично на юго-восток. Формирование Кременской выемки, в основном определялось **направлением реки при входе** ее в это пространство, а не тектоникой последнего, в то время, как развитие Ундорской выемки обусловливалось **тектоникой** данного участка.

При образовании Кременской выемки Волга совершила значительно меньшую работу, чем на севере, так как, во-первых, площадь здесь почти в четыре раза меньше, во-вторых, меньше была и относительная высота срезанного участка берегового массива. Если из Ундорской выемки Волга вынесла около 100 куб. км твердого материала, то из Кременской — едва ли больше 20 куб. км. Около северо-западной стороны этой выемки произошло вышеотмеченное сближение долин Волги и Свияги до 1,5 км. Здесь же образовался пережим Волго-Свияжского водораздела, т. е. его наибольшее понижение, до 25 м над уровнем Свияги, но это не связано с

шириной перешейка, которая допускает существование поднятия до 180—200 м относительной высоты. Причина понижения здесь была совершенно иная, но прежде, чем разбирать этот конкретный случай, — образование Ульяновского пережима, — надо сказать несколько слов о происхождении пережимов вообще и о схеме геоморфологической характеристики междуречий в целом, о чём почти не говорится в специальной литературе.

Небольшое междуречье, например, Волго-Свияжское, можно рассматривать как самостоятельное геоморфологическое образование с присущим ему трехмерным измерением, которое должно изучаться в трех плоскостях, как и речные долины. В литературе говорится о поперечном профиле междуречий, например, о их асимметрии, но, кажется, нет работ, затрагивающих их продольный профиль, т. е. профиль по водоразделу, на котором изобразится пережим и другие неровности. Не затронут вопрос и о плане междуречья, который должен охватить не только его очертание, но и эрозионную сеть, и связать ее с очертанием этой территории.

В настоящей статье я коснусь только продольного профиля, составной частью которого является пережим. В пределах платформы неровности на водоразделе образуются вследствие **эрозии**, частично дефляцией и только в исключительных случаях они могут быть вызваны непосредственно тектоническими процессами. При этом надо иметь в виду, что эрозионное понижение на водоразделе возникает только в случае речного перехвата и всегда сопровождается смещением водораздела в горизонтальном направлении.

Е. Н. Милановский (5), рассматривая миндельские галечники Сызранского района как образование волжской долины, говорит: «Возможно, что к этому же горизонту относятся изученные мной галечники и богатые галькой пески на Свияго-Волжском водоразделе около Киндяковки у южного конца Ульяновска, а также мощные галечники в районе Ундорского сланцевого рудника». В другой работе (6) он говорит, что киндяковские галечники «указывают на былое сообщение долины р. Свияги с местом современной долины Волги... Судя по высоте залегания над Волгой (примерно около 80—90 м), их можно предположительно отнести к **миндельской террасе** (курсив мой.

Н. Б.)... Нам удалось под миндельскими галечниками обнаружить мощную толщу песчано-глинистых отложений, выполняющих огромную корытообразную ложбину, пересекающую Свияго-Волжский водораздел... Выяснено, что дно ее, имеющее **уклон к Волге** (курсив мой. Н. Б.), лежит на абсолютной отметке около + 70 м, ниже коренного ложа долины р. Свияги и что грунтовые воды из аллювия этой реки имеют подземный сток к Волге, выходя в виде ключей в оврагах Киндяковской рощи. Возраст этих отложений, вероятно, плиоценовый». Создается такая палеогеографическая картина: в плиоцене, а затем и в минделе, в районе современного пережима протекала река по направлению к Волге,—это была пра-Свияга. Так как долина Волги в то время пролегала на несколько десятков километров восточнее Ульяновска, пра-Свияга должна была на протяжении не менее 40—50 км перепилить Приволжскую возвышенность, образовав в ней поперечную долину в 150—200 м глубиной. Совершив такую колоссальную работу еще в плиоцене, она в ледниковом периоде почему-то резко изменяет свое направление и вырабатывает новую, современную долину.

Я отношу Ульяновский пережим к эрозионному типу, но считаю, что формировался он совершенно не так, как это выходит по Милановскому.

Если допустить, что в минделе долина Свияги в районе Ульяновска сообщалась с долиной Волги, то надо считать, что в миндель-риссе эта связь прекратилась, так как в рисскую эпоху эти долины уже оказались взаимно изолированными, на что указывают следующие факты. Во-первых, в оврагах и долинах правого берега Свияги мощные древнеаллювиальные отложения в виде «светлых, местами слоистых песков, прикрытых суглинками» (6) достигают отметок 140—150 м (Соловьев овраг и Симбирка в Ульяновске, с. Ключищи, с. Полдомасово и др.) и, следовательно, на 30—40 м превышают Ульяновский пережим и на 40—60 м рисскую террасу Заволжья, находящуюся от Свияги на расстоянии менее 10 км. Накопление значительных толщ аллювия до такой высоты обусловлено подпруживанием Свияги, имевшим место в рисское оледенение, когда уровень Волги на несколько десятков метров пре-

вышал современный, а устье Свияги находилось выше Казани. В районе Ульяновска в то время уровень Свияги превышал уровень Волги, как и теперь, на 50—60 м, что могло иметь место только при таком положении, когда восточнее пережима было поднятие, разобщавшее эти реки.

Во-вторых, в южной части пережима (3—4 км от места наибольшего понижения) имеется довольно сложная система оврагов, выходящих в долину Волги около северной окраины Винновки. В отвершках юго-западной части этой системы, на расстоянии около полутора километров от ее устья, есть обнажения значительных толщ аллювиальных песков и суглинков, тождественных вышеотмеченным образованиям в долинах свияжской системы, — тождественных как по уровню их кровли (120—130 м), так и по внешнему виду. Очевидно здесь аллювий ледникового периода заполнил более древние эрозионные образования, выходившие в долину, которая пролегала восточнее Винновки, но принадлежала к системе Свияги, а не Волги.

Из сказанного ясно, что в рисскую эпоху в районе Ульяновского пережима не только свияжский склон, но и место нынешнего волжского склона были обособлены от Волги. Эта обособленность была и раньше, т. к. **между Волгой и Свиягой в этом районе никогда не было связи**. Что же касается пережима, то **он образован водным потоком, который направлялся к Свияге, будучи ее правым притоком.**

В южной части Кременской выемки, около с. Криуш, в Волгу впадает р. Тушонка, наиболее значительный приток которой, р. Атца, берет начало в 17 км на з.-ю.-з. от Сенгилея на высоте около 325 м. Атца древнее Тушонки, длиннее ее и была главным потоком той речной системы, которая отдавала свои воды Свияге через нынешний пережим, но в **рисс-вюрмскую эпоху она была перехвачена Волгой,** смывшей северную часть ее бассейна. До того времени, т. е. до образования Кременской выемки, правый берег Волги шел от Ульяновских Ворот к Криушинскому затону и Сенгилею почти по прямой линии, возвышаясь над рекой на 150—170 м (только близ Ульяновска он был, вероятно, ниже). Западнее

этого поднятия простиралась большая долина пра-Тушонки, шедшая от с. Тушны почти прямо к пережиму; поворот вправо, имеющийся в нижнем течении современной Тушонки, образовался после перехвата ее Волгой. Пра-Тушонка была одним из крупнейших правых притоков Свияги с расстоянием от истока до устья 50 км по прямой, а устье ее находилось на несколько километров западнее современного пережима.

Перехват пра-Тушонки понизил ее базис эрозии на несколько десятков (60—70) м, и этим вызвал в ее бассейне омоложение рельефа, одним из признаков которого являются высокие, крутые склоны, нередко выпуклого профиля, довольно распространенные в долинах Тушонки и ее притоков. В некоторых местах склоны, высотой в несколько десятков метров, имеют угол крутизны до 35—40°. В этом отношении особенно характерен правый берег р. Атцы, который на протяжении более 15 км, — за исключением верховья реки, — возвышается над ней на 120—180 м, причем высота 120 м иногда отмечается не далее 250—300 м от подошвы склона.

Другим признаком омоложения рельефа является эрозионная терраса, сохранившаяся около с. Тушны, на том же правом берегу Атцы, на протяжении 2 км; высота террасы 50—60 м, т. е. она расположена, приблизительно, на том уровне, на котором протекала пра-Тушонка до перехвата ее Волгой.

Е. В. Милановский указывает (6), что дно долины, в которой отложилась песчано-глинистая плиоценовая толща, подстилающая галечники пережима, имеет уклон к Волге. Но современное направление уклона нельзя считать категорическим доказательством того, что и в плиоцене долина спускалась к Волге, а не к Свияге, т. к. за время, прошедшее после ее образования, могли произойти тектонические смещения. На наличие таких смещений в этом районе, не касаясь их возраста, — указывает глубокий врез Свияги в массив междуречья, о чем подробнее будет сказано в следующей главе. Другим проявлением тектонических процессов можно считать крутое падение готеривских слоев в пределах г. Ульяновска на берегу Волги, где угол наклона достигает 36′, в то время, как севернее города этот угол у верхнеюрских слоев не превышает 15′.

Возможно, что оба наклона (в Ульяновской горе и

на пережиме) обусловлены одним процессом смещения небольших глыб и должны рассматриваться как явления синхроничные и сингенетичные. Не продолжается ли этот дислокационный процесс и в настоящее время, способствуя интенсивному развитию оползней, причиняющих значительный ущерб хозяйству Ульяновска?

* * *

Тургеневская выемка, в отличие от вышерассмотренных, образовалась не в коренных породах Приволжской возвышенности, а в рисской аллювиальной террасе левого берега, между Кайбелами и Белым Яром. Наличие вюрмской террасы в глубине выемки указывает на образование выемки в рисс-вюрмскую эпоху, а ее очертание говорит за то, что она выработана рекой, отраженной южным берегом Кременской выемки. Вюрмские отложения покрыли всю Тургеневскую выемку, но в послеледниковое время большая часть их была эродирована Волгой, направлявшейся сюда от криушинского берега. Однако часть вюрмских отложений сохранилась, так как Волга, не успев их уничтожить, отошла к правому склону долины. Этот отход был вызван тем, что в Кременской выемке Волга отступила от правого берега и стала входить в Тургеневскую выемку не с запада, а с северо-запада. Следовательно, Тургеневская выемка формировалась одновременно с правобережными, но в иных условиях, чем Кременская и, особенно, Ундорская, — здесь тектоника не играла никакой роли.

Приближение Свияжской долины к Волге

От с. Коромысловки (в 14 км от истока) до с. Ключищ Свияга течет по прямой, почти симметричной долине, идущей по азимуту 29° на протяжении 70 км и довольно ясно ограниченной изогипсой 120 м. В районе Ключищ изогипсы левого берега, отклонившись к меридиану, идут на север по азимуту 12—13° и показывают направление и положение левого берега пра-Свияги в то время, когда ее уровень был на несколько десятков метров выше современного. Правый берег здесь удаляется от левого и идет почти в том же направлении, как и южнее Ключищ, но от ст. Киндяковки он уходит правее на северо-восток, и долина заметно врезается в массив между-

речья. В этом месте образовалась Ульяновская излучина Свияги, где молодой и высокий правый берег на 13 км отошел от горизонтали 160 м левого берега, в то время как около Ключищ это расстояние не превышает 3,5 км. От вершины излучины берег круто поворачивает влево, почти на запад, а около Карлинского принимает прежнее, почти меридиональное направление; в этом месте расстояние между ним и изогипсой 160 м сократилось до 8 км. Так резко выраженная выемка на площади в 40 кв. км образовалась вследствие ключищинского и киндяковского отклонений Свияги, обусловленных дислокацией с относительным падением (см. выше) менее 90° вправо. Ее влияние стало проявляться в то время, когда река протекала на уровне 140—160 м, т. е. до рисской эпохи.

На 30 км севернее Ульяновска, восточнее с. Ст. Алейкино, имеется другой ясно выраженный врез Свияги в правый берег по направлению к Волге. В северной части этой выемки долина реки мешкообразно углубилась в высокий (70 м) берег на площади в несколько квадратных километров, но в настоящее время сама Свияга протекает уже в 4 км от глубинной части выемки. Местные воды, атмосферные и грунтовые, не могли создать указанную мешкообразную выемку, водосборная площадь которой только в 3—4 раза превышает площадь ее самой. Алейкинская выемка могла образоваться только при очень благоприятных условиях эрозии, каковыми надо считать нарушенную целостность пород, как следствие распространившейся сюда Ундорской дислокации. Предполагать связь Алейкинской выемки с этой дислокацией можно на том основании, что они, а также и Майнский поворот Волги, расположены почти на одной прямой линии, возможно в одной деформационной зоне, параллельной тетюшским дислокациям Л. Н. Мазаровича (3).

Алейкинская выемка является северо-восточным выступом более обширной дугообразной Ростокской выемки с хордой в 6 км, при глубине 2 км. Южнее расположены еще 2 дугообразных выемки такой же глубины: Полдомасовская, с хордой 9 км, и Каменская, с хордой 6 км. Судя по изогипсам левого берега, можно считать, что эти три выемки начали образовываться несколько позднее Ульяновской. Пользуясь изогипсами для харак-

теристики геологического прошлого, надо учитывать, что они в результате экзогенных и эндогенных процессов перемещаются в горизонтальном направлении, вследствие чего не могут служить категорическим признаком для решения палеогеографических вопросов.

Выводы и предположения

В начале ледникового периода пра-Волга в пределах Болгарского бассейна протекала значительно восточнее, чем в настоящее время, на это указывает третья надпойменная миндельская терраса левого берега Волги, уступ которой проходит в 40—50 км восточнее Ульяновска; над рекой терраса возвышается на 90—100 м.

Левый берег пра-Свияги проходил на 12—15 км západнее Ульяновска, на 40—50 м выше современного уровня и на 30—40 м выше уровня пра-Волги. Ширина водораздельного массива на рассматриваемом участке достигала 50—60 км. Долины рек формировались в различных геологических условиях — русло Волги пролегало в слоях более древних и иного петрографического состава, чем русло Свияги.

Происшедшее впоследствии сближение долин явилось результатом усиленной боковой эрозии обеих рек, направленной с противоположных сторон на ясно ограниченный участок разделяющей их возвышенности, на протяжении около 60 км. Выше и ниже этого места эрозия шла нормально, не вызывая заметных изменений в плане долин.

Причина двустороннего, локального наступления различных рек на водораздельный массив могла быть только в самом массиве, а не в омывающих его речных потоках. Этой причиной было опускание, погружение данного участка массива, которое могло охватить не только междуречье, но и заречные пространства, создавая в них наклон в сторону междуречья. Это погружение стимулировало устремление рек в сторону водораздела, навстречу друг другу, так как дислокация увеличила слагающую скорость водных потоков в этом направлении. А деформационные зоны, т. е. зоны, в которых вследствие дислокации изменена форма пластов и нарушена целостность пород, стали местами наиболее интенсивного разрушения берегов.

Наличие здесь тектонических смещений подтверж-

дается обнаруженной Ундорской флексурно-складчатой дислокацией, способствовавшей образованию Майнского поворота Волги и Алейкинской выемки свияжского берега.

Другая дислокация проходит через Ульяновск, на что указывает значительное падение слоев в районе города и наклон плиоценовой долины на пережиме в сторону Волги (5), в то время как поток, выработавший эту долину, мог итти только к Свияге, т. е. в противоположную сторону. Дислокация обусловила врезание Волги у южной окраины города, и Свияги — в его западной части, в результате чего расстояние между их долинами сократилось до 1,5 км; возможно, что к этой дислокации приурочена и долина р. Сельги.

Есть, повидимому, дислокация и около южного края Ульяновского перешейка, по линии Ключищи—Кременки, повлиявшая на образование Кременской котловины. Наконец, выступы правого берега Свияги у Ишеевки и Линевки, и обращенные к ним долины левых притоков Свияги, — Сухого Бирюча и Бирюча, — вызывают предположение о наличии в этой части перешейка еще двух дислокаций, тоже широтного простирания.

Отклонение Волги к Свияге началось в минделе, а к началу рисской аккумуляции Волга образовала клинообразную выемку в правом берегу до линии устье Майны—Ульяновск—устье Черемшана, на что указывает положение уступа рисской террасы, почти параллельного правому коренному берегу рисской Волги. В рисс-вюрмскую эпоху Волга обезглавила р. Биденьгу, срезала значительную часть ее бассейна и образовала Ундорскую выемку; при этом были обезглавлены древние долины Симбирки и Соловьева оврага в Ульяновске, и долина Каменки севернее его, о которых говорит Е. В. Милановский (6). Тогда же она перехватила Тушонку, целиком оторвав ее от Свияги, и создала Кременскую выемку, а затем Тургеневскую.

В настоящее время намечается отход обеих рек от водораздельной возвышенности. В северной части Ульяновской выемки, от Майны до Ундор, на протяжении более 25 км, — Волга отошла от правого коренного берега на 3—5 км. Широкой поймой отделяется она от коренного берега и в южной части выемки, между Ульяновском и Панской. Отходит от массива и Свияга, что

заметно у северо-западной окраины Ульяновска (д. Мостовая), в Алейкинской выемке, где расстояние от реки до коренного берега достигает 4 км, и в некоторых других местах. Отход рек от разделяющей их возвышенности указывает на то, что здесь происходит эпейрогеническое поднятие, относящееся к колебаниям высокого ритма (8), которое должно отражаться на развитии оползневых процессов в районе Ульяновска.

Сближение Волги и Свияги, происходившее в ледниковом периоде и вызванное опусканием разделяющего их массива, в конце этого периода сменилось расхождением рек вследствие, повидимому, начавшегося поднятия междуречного пространства и, возможно, продолжающегося в настоящее время.

Изложенная история сближения Волги и Свияги в районе Ульяновска и, в частности, история формирования Кременской выемки, связанная с перехватом р. Тушонки в рисс-вюрмскую эпоху, противоречит некоторым литературным данным по вопросам, касающимся изучаемого мною района. Например, с ней не увязывается указание А. Н. Мазаровича (4) на то, что по правому берегу Волги в районе Ульяновска сохранились отдельные участки рисской террасы; не увязывается потому, что в рисское время Волга протекала несколько восточнее Ульяновска, а современный ее берег здесь оформился позднее. Причем надо отметить, что весь этот берег охвачен грандиозными оползнями, под которыми нельзя видеть основание аллювиальной террасы, — о чем говорит А. Н. Мазарович. Считая, что формирование Кременской и Ундорской выемок началось только в рисс-вюрме, что до того времени эти места входили в бассейн Свияги и не имели никакого отношения к долине Волги, я не могу согласиться с предположением Е. В. Милановского (5, 6) о том, что галечники в южном конце Ульяновска и в районе Ундорского сланцевого рудника принадлежат миндельской террасе Волги. Первые отлагались пра-Тушонкой и ее правыми притоками, часть которых начиналась в районе юго-восточной окраины Ульяновска, где прослеживаются верховья их долин, заполненные позднейшими отложениями. Вторые отлагались в бассейне пра-Биденьги, значительная часть которого впоследствии была срезана Волгой, в результате чего район галечников оказался морфологически обособлен-

ным от современной долины Биденьги. Наконец, из вышесказанного вытекает, что в долине Тушонки не должно быть акчагыльских отложений, о наличии которых говорит А. С. Кесь (1,2), так как акчагыльское море сюда заходить не могло.

В данной статье большое внимание уделяется дислокациям как одному из факторов геоморфологического процесса; в некоторых случаях говорится о их возрасте, указываются некоторые другие признаки, но не дается развернутой характеристики отмечаемых дислокаций, так как она должна быть предметом специального геологического исследования, а не геоморфологического, каковым является предлагаемая читателю статья.

Геоморфологический анализ речной долины и прилегающей территории, подкрепленный некоторыми историко-геологическими данными, привел, предположительно, к выявлению тектонических особенностей района. В то же время он показал, что геологические условия влияют не только на профили речной долины, но и на ее план; что не только отраженные повороты речных долин, но и врезанные обусловлены тектоникой и, следовательно, сами могут служить показателями тектонических смещений в районе данного участка долины. Например, поворот Волги от Куйбышева к Сызрани дает основание предполагать наличие тектонических смещений в этом районе, а геоморфологический анализ треугольника Куйбышев—Хвалынск—Сызрань, давая возможность представить историю этого отрезка Волги, подтверждает высказанное предположение. Также надо рассматривать врезанные повороты Волги в области саратовских дислокаций (Вольск, устье Терешки, Саратов и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Кесь. О северо-западной границе акчагыльского моря в Приволжье, Тр. Инст. геогр, АН СССР, вып. 42, 1948.

2. А. С. Кесь. Геоморфологическое разделение Приволжской возвышенности и его палеогеографическое обоснование, Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 43, 1949.

3. А. Н. Мазарович. Дислокационные явления в области Свияжско-Волжского водораздела, Ежег. геол. и минер. России, 13, вып. 3—4, 1911.

4. А. Н. Мазарович. Стратиграфия четвертичных отложений Среднего Поволжья, Тр. Ком. по изуч. четв. пер., 4, вып. 2, 1935.

5. Е. В. Милановский. Плиоценовые и четвертичные отложения Сызранского района, Тр. Ком. по изуч. четв. пер., 4, вып. 2, 1935.

6. Е. В. Милановский. Очерк геологии Среднего и Нижнего Поволжья, ГНТИ, М., 1940.

7. Г. Ф. Мирчинк. Четвертичная история долины р. Волги выше Мологи, Тр. Ком. по изуч. четв. пер., 4, вып. 2, 1935.

8. Н. И. Николаев. Новейшая тектоника СССР, Тр. Ком. по изуч. четв. периода, т. 8, 1949.

9. Е. Н. Пермяков. Послетретичные отложения и новейшая геологическая история западной части Самарской Луки, Тр. Ком. по изуч. четв. пер., 4, вып. 2, 1935.

10. Е. В. Шанцер. Некоторые новые данные по стратиграфии четвертичных отложений Среднего Поволжья в связи с вопросом о погребенных почвах в делювиальных шлейфах, Тр. Ком. по изуч. четв. пер., 4, вып. 2, 1935.

11. И. С. Щукин. Общая морфология суши, ОНТИ, М., 1938.

12. Я. С. Эдельштейн. Основы геоморфологии, УПГИЗ, М., 1938.

Н. М. Яковлев

О МАТЕМАТИЧЕСКОМ ЧТЕНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТЫ В 5—7 КЛАССАХ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Введение

«Карта в преподавании географии есть не только наглядное пособие, но и источник знаний», «Учащихся необходимо научить не только распознавать и находить на карте элементы ее содержания, но и читать карту». Эти положения стали общим местом во всех методических руководствах, газетных и журнальных статьях, во всех выступлениях на учительских конференциях, совещаниях и собраниях, затрагивающих вопросы преподавания географии.

Все многочисленные определения понятия «чтение физической карты» можно свести к одному: читать физическую карту — значит воспроизвести по ней с той или другой степенью точности физическую географию заданного участка поверхности земного шара. Определение заключает два условия, которые делают возможным чтение карты: 1) изучение карты, на которой хотят вывести физическую географию территории, 2) знание основных физико-географических фактов, понятий и закономерностей, которые, будучи приложены к конкретной территории, изображенной на карте, в результате дают ее общий физико-географический облик. Таким образом, **синтез картоведения с общей физической географией есть существо чтения карты.** Если согласиться с этим положением, то мы придем к неизбежному выводу: без глубоко продуманной **системы** (а не более или менее случайного набора) сведений и усилий, обучение чтению карты невозможно.

К сожалению, до настоящего времени такая система еще не создана, по крайней мере, в печати она не появлялась. Не подлежит никакому сомнению, что у учи-

телей географии нашей страны накопился в отношении работы с картой громадный опыт; каждый учитель имеет свою собственную, то более, то менее совершенную систему обучения чтению карты. Думается, что уже настала пора соответствующему институту Академии педагогических наук собрать и обобщить этот богатый опыт в виде специальной «методики работы с картой».

Предлагаемая работа посвящена одной части большой проблемы обучения чтению карты в семилетней школе—математическому чтению физической карты. Она не претендует на то, чтобы исчерпать проблему даже в пределах затронутых вопросов, а дается лишь в порядке постановки вопроса и в форме, скорее конспекта, чем развернутой и везде достаточно обоснованной статьи.

Автор также считает необходимым подчеркнуть, что свою задачу он сознательно ограничивает рассмотрением вопросов лишь непосредственной работы над глобусом и физической картой, имея в виду, что вопросам формирования у детей географических понятий и представлений, практическим занятиям на местности,—всему тому, без чего работа с картой может превратиться лишь в систему формалистических упражнений, не связанных с живой природой и жизнью людей, — в методических пособиях уделяется довольно много внимания.

Работа написана на основе собственного долголетнего опыта преподавания географии и методики географии, использованы материалы наблюдения над работой учителей-географов г. Ульяновска, приемных испытаний в пединституте. Методические построения, заключенные в статье, следует рассматривать не как универсальный рецепт, а лишь как один из возможных способов разработки учебного материала, оправданный в одних условиях и, может быть, малопригодный в других.

Конечной целью чтения физической карты является и воспроизведение по ней физико-географического ландшафта. Очевидно, что цель эта достигается постепенно, путем овладения рядом промежуточных ступеней. Можно предложить следующие ступени:

1. Формальное или описательное чтение карты (изучение формального содержания карты, накопление номенклатурного материала), включающее математическое (ознакомление с градусной сеткой, ориентированием и несложными картометрическими приемами);

2. Объяснительное или толковательное чтение, включающее:

а) геоморфологическое,
б) климатологическое,
в) гидрологическое,
г) биогеографическое,
д) ландшафтное (комплексное, полное).

Совершенно очевидно, что указанные ступени не могут быть строго разделены во времени: они переплетаются, первые продолжаются в последующих, эти, в свою очередь, так или иначе присутствуют в предыдущих.

В настоящей статье-конспекте ставится проблема математического чтения карты. В последующих статьях будут разработаны вопросы методики чтения карты по физико-географическим элементам.

Математическое чтение физической карты

Физическая карта имеет математическую основу.

Математическое чтение карты состоит в определении положения элементов земной поверхности в пространстве и количественной характеристике их пространственных отношений. Под пространством в данном случае понимается поверхность земного сфероида.

Положение предмета в пространстве определяется по отношению к другому предмету или другим предметам, положение (место) которых предполагается известным; эти последние выступают в данном случае в роли **ориентиров**, а определение положения по ориентирам есть о р и е н т и р о в а н и е. Следовательно, «ориентирование» и «определение положения в пространстве» есть понятия со сходным содержанием, синонимы.

Положение в пространстве можно определить двояко: **собственно-географическим способом,** когда положение элемента земной поверхности определяется через другие элементы, положение которых известно, и **математическим,** когда оно определяется относительно элементов градусной сетки; первое на основе второго является преобладающим в географии. Будем различать собственно-географический способ определения географического положения и математический способ.

Определение географического положения собственно-географическим способом [1]

Математическое определение положения предмета состоит в установлении точных его координат. Странным образом среди многих преподавателей географии сложилось представление, будто определение географического положения исчерпывается нахождением соответствующих координат широты и долготы, т. е. чисто математическим определением. Так как область применения координат в преподавании школьной географии сравнительно невелика, то, сообщив навыки нахождения их и несколько координат важнейших пунктов (реже зон), преподаватель дело с определением географического положения считает благополучно завершенным. Между тем, этого совершенно недостаточно. География имеет дело с элементами земной поверхности и соприкасающихся с ней геосфер, во взаимодействии образующими физико-географическую среду. Поэтому и всякое определение этих элементов может быть достаточным лишь в том случае, если один компонент среды определяется через другие. В данном случае пространственное положение изучаемого физико-географического объекта должно быть определяемо не только относительно линий градусной сетки (строго говоря, выходящей за пределы собственно — географии), но, главным образом, относительно других физико-географических объектов. Это есть *географическое* определение положения объекта на земной поверхности.

Оно, следовательно, заключается в том, что положение каждого нового элемента земной поверхности определяется через другие элементы, ранее изученные, а потому ставшие ориентирами. «Гибралтарский пролив находится на юго-западе Европы, соединяет Средиземное море с Атлантическим океаном и отделяет Пиренейский полуостров от материка Африки». Как видим, здесь нет координат, но положение Гибралтарского пролива, тем не менее, **определено** достаточно точно, а главное, чисто географически.

Нельзя сказать, что преподаватели игнорируют эту работу (да игнорирование и невозможно по самой сути

---

[1] Подробнее этот вопрос разработан в следующей статье «Описание географического положения».

нашей науки). Показывая «Моря **Европы»,** утверждая, что **«река Волга** берет начало на **Валдайской возвышенности** и впадает в **Каспийское море»,** а «полуостров **Крым** омывается **Черным** и **Азовским морями»,** они этим самым определяют положение соответствующих морей, Волги и Крыма географически. Но недостаток состоит в том, что определения зачастую случайны, трафаретны, неполны и нецеленаправлены, отсутствует продуманная система переходов и усложнения; чтение карты, к которому мы стремимся, вследствие этого, не выходит из стадии операций со «слогами». Задача, следовательно, заключается в том, чтобы рассматривать (и поставить) работу по определению географического положения не как нечто самодовлеющее, независимое, случайное, а в общей системе работы по обучению чтению карты, как необходимейшее звено этой системы.

Определение географического положения математическим способом

Определить пространственное положение предмета— значит указать: 1) его направление от ориентира, 2) расстояние от него. В обыденной жизни, если приходится иметь дело с небольшими пространствами, в качестве ориентиров выступают случайные, но знакомые или чем-либо заметные предметы, а направления и расстояния нередко глазомерны: «сумка — **за шкафом, на гвозде»,** «блиндаж — **за мостом, слева, в кустах,** шагах в пятнадцати от **сломанной сосны».** Когда оперируют с большими пространствами или требуется большая точность в определении, приходится пользоваться уже не случайными, а всеобщими, постоянными, точно определенными ориентирами, такими же линиями направлений и единицами измерения расстояний. В качестве всеобщих ориентиров на карте выступают линии градусной сетки, как географически зафиксированные направления пространства земной поверхности, позволяющие также и количественно определять пространственные отношения (в градусах или километрах).

Градусная сетка есть, таким образом, математическая основа карты, математические определения по карте основаны на градусной сетке, **географические определения без градусной сетки лишаются значительной части смысла и содержания.**

Отсюда следует вывод: изучение градусной сетки в школе и привитие навыков пользования ею есть необходимейшее условие успешной работы по обучению чтению карты. Больше: ученик, плохо знающий градусную сеть, вообще не знает географии.

Градусная сетка служит прежде всего для математического определения положения предметов на земной поверхности. Основные понятия, необходимые при этом: 1) постоянные точки — полюсы, 2) линии направлений, 3) меры расстояний и 4) широта и долгота, как производные из них.

Первоначальное ознакомление с градусной сеткой

Совершенно очевидно, что первоначально ученик должен иметь дело с нормальной градусной сеткой глобуса и только после этого — с градусной сеткой карты. При этом необходимо оговориться: роль глобуса не кончается с переходом к карте. Больше этого: глобус должен сопутствовать всем последующим работам на карте, хотя бы по одному тому, что градусная сетка глобуса есть «эталон» для оценки любой картографической сетки, и во всех затруднительных случаях при работе с картами различных проекций и учитель, и ученик должны обращаться к глобусу. (Кроме того, нужно помнить, что глобус есть модель земного шара. и, оперируя с плоской картой, мы обязаны постоянно возвращать внимание ученика к сферической поверхности, в данном случае глобуса). Неправильно поступают те учителя, которые носят глобус только в 5-й класс, полагая, что в шестом и седьмом с ним делать нечего.

Специальное изучение градусной сетки проводится в 5-м классе, после того, как некоторый запас географической номенклатуры учениками приобретен. Имеется отдельная тема — «Градусная сеть», рассчитанная на первоначальное и общее пока ознакомление с сеткой. Повторяем: **на первоначальное и общее,** потому что распространено ошибочное мнение, будто, проработав тему «Градусная сеть», можно считать задачу исчерпанной. Как будет видно из дальнейшего, усвоение градусной сетки с необходимой для школы степенью полноты и закрепление навыков пользования ею требуют дальнейшей работы на протяжении всего курса семилетней школы.

Постоянные точки — полюсы. Отправным пунктом при изучении элементов градусной сетки является ознакомление с полюсами. Предварительные сведения о форме Земли, ее вращении и оси учащиеся уже имеют. На этой основе мы и начинаем работу, определив полюсы, как концы земной оси.

«Возьмите в руки шар и заставьте (!! Н. Я.) вращаться вокруг своей оси. **Пока шар вращается,** (подчеркнуто мною—Н. Я.), приглядитесь к нему внимательнее и сообразите, где и как проходит ось шара. Потом возьмите перо и отметьте чернилами на шаре концы оси. У вас получаются две точки. Одна точка будет на одной стороне шара, другая на другой». **«Конечные точки этой оси на Земле** (подчеркнуто мною — Н. Я.) называются полюсами», — пишут авторы учебника для 5-го класса.[1]

Неудачная попытка втолковать ученикам, что земная ось — не железная, деревянная или еще какая-нибудь, а воображаемая. И вредная попытка. Отправляясь от рассуждений учебника, ученик может дать волю воображению и сделает логически вполне оправданный вывод: кто-то «взял в руки» земной шар, «заставил» его вращаться вокруг оси, «пригляделся к нему внимательно», «сообразил, где и как проходит ось шара», потом взял перо, отметил на шаре концы оси и сказал: «Вот вам северный полюс, а вот южный»; только как же люди-то узнали, в какие места некто ткнул своим пером?

И бесполезная попытка: никакими ухищрениями вы не добьетесь понимания того, чего ученик просто не в состоянии понять, т. к. способность абстрактного мышления у него еще очень несовершенна. Не нужно вдалбливать 11-летнему ребенку вещи, которые не без усилий воспринимаются и юношей.

Начинать следует проще: «Перед нами глобус, он изображает земной шар, глобус вращается вокруг вот этой железной оси; у Земли, конечно, никакой железной или деревянной оси нет, земную ось мы можем только вообразить, это воображаемая ось; по оси глобуса мы можем представить, где и как проходит в земном шаре его

---

[1] А. С. Барков и А. А. Половинкин. Физическая география, учебник для 5-го класса семилетней и средней школы, Учпедгиз, 1949, стр. 66.

ось. Где на глобусе концы оси?.. Концы оси и глобуса и земного шара называются полюсами и т. д.

В качестве замечательного свойства полюсов учебник предыдущих изданий указывал их неподвижность.

Опыт показывает, что это свойство не производит на учеников должного впечатления и они о неподвижности полюсов очень скоро забывают. Причина ясна: понятие бесконечно малой величины осознать можно, но конкретно представить нельзя.

Для целей усвоения темы «Градусная сеть» важно не свойство неподвижности полюсов, а другое, в данном случае действительно замечательное свойство: то, **что северный полюс есть точка севера, а южный — юга**. Учащиеся (и учителя нередко) обыкновенно упорно северным направлением считают направление на верхний, а южным на нижний край карты и прокладывают направления перпендикурярно этим краям.[1] Это значит, что понятие полюсов не осмыслено, их роль в градусной сетке не понятна; учащийся только знает, что «полюсы есть концы земной оси», а для чего эти «концы» — этого ему никто не рассказывал.

Северный полюс есть совершенно конкретная, определенная и постоянная **точка севера. Северный полюс есть Север.** Идя на Север, мы идем к северному полюсу и только до него, дальше можно итти только от Севера. Также и в отношении Южного полюса. От полюса до полюса по прямой 20 тыс. километров. На север или на юг можно итти не более 20 тыс. километров.

Линии направлений — меридианы. При таком (единственно правильном, думается) объяснении и меридианы (полумеридианы) выступят в сознании учащихся не просто как «линии, проходящие по поверхности Земли (? — Н. Я.)» и неведомо для чего «соединяющие оба полюса»[2], а как **линии направления с севера на юг или с**

---

[1] Любопытно, что учащиеся, оказывается, переносят этот прием и на глобус: установив глобус так, чтобы непосредственно перед глазами учеников оказались линии нулевого меридиана и экватора, я предложил проложить северное направление от различных точек Ю. Америки, Африки и Ю—З Азии. Все трое шестиклассников проложили сев. направление параллельно нулевому меридиану (в частности от Адена линия пошла к ю—з углу Каспийского моря).

[2] Учебник, стр. 66.

юга на север. Меридиан есть линия Север—Юг. Если учащиеся прочно усвоят это,то потом, определяя по карте северное и южное направления, они подсознательно будут отыскивать ближайший меридиан и прокладывать направление вдоль него к **полюсу,** а не станут тянуться к «верху» или «низу» карты.

Следует обратить внимание учеников, что меридианы— не параллельные линии, все они сходятся со всех сторон Земли в двух точках полюсов; это значит, что для всех мест земного шара есть один Север и один Юг. Мы идем вдоль меридиана на Север, с достижением полюса направление на Север кончается, мы уже достигли Севера, далее уже начинается южное направление, т. е. направление на южный полюс, на Юг. От полюса меридианы расходятся **во все стороны,** но все они направляются к противоположному полюсу. От сев. полюса все меридианы, и обозначенные и не обозначенные на глобусе, расходятся во все стороны в направлении к югу, поэтому в **любую сторону от сев. полюса — юг;** на сев. полюсе нет ни северного, ни западного, ни восточного направлений; если на нем построить дом, то все окна у дома будут на юг; все берега Северного Ледовитого океана — южные, все берега прилегающих материков — северные. Для лучшего усвоения этих положений полезно основательно рассмотреть околополюсные участки глобуса.

Географическая долгота. После того, как усвоено положение и значение полюсов и меридианов (прокладка меридиана на местности сама собой разумеется), необходимо перейти к ознакомлению с понятием географической долготы. Рассуждаем так: от полюса к полюсу можно провести много меридианов. Возьмем один из них, например, который проходит (вот смотрите) через английский город Гринвич. Найдите Англию, ее столицу Лондон... Город Гринвич здесь не обозначен, он теперь составляет часть Лондона и через него проходит наш меридиан; он здесь показан толстой линией. Его называют **начальным** или **нулевым** меридианом, потому что от него начинают отсчитывать меридианы. Меридианы проводят, начиная от нулевого на равном расстоянии друг от друга.

Меры расстояний. Можно было бы проводить их через километр, два, десять, сто, но на глобусе есть еще и своя мера: градус. Градусов всего триста шестьдесят.

Меридианы и проводят через каждый градус вправо и влево от нулевого меридиана. Таким образом, получится всего 360 меридианов: 180 меридианов вправо, к востоку от нулевого меридиана и 180 — влево, т. е. к западу от него[1]. Первый восточный меридиан находится от нулевого на расстоянии 1° к востоку, сорок восьмой восточный— на расстоянии 48° к востоку, 75-й западный — на расстоянии 75° к западу. Вот это расстояние меридианов от начального называется **географической долготой.** Значит, долгота бывает восточная, если меридианы находятся к В. от нулевого, и западная, если к З. Говорят, что Ульяновск находится на 48° в. д. Это значит, что ульяновский меридиан находится к В. от нулевого на расстоянии 48°. Долгота есть расстояние от нулевого меридиана в градусах. **Меридианы, следовательно, служат для прокладки на глобусе и на карте северного и южного направлений, а также и для определения географической долготы местности.**

Проводить меридианы через каждый градус неудобно, слишком густо будут располагаться линии. Поэтому их проводят обыкновенно через 10° или 15°. На нашем глобусе они проведены... Смотрите на толстый поясок, который проходит посредине глобуса: на нем написаны градусы меридианов...

Добавляем, что если разрезать наш глобус по нулевому меридиану пополам, то получим два полушария: восточное и западное.

Теперь совершенно необходимо от глобуса перейти к карте полушарий. Найдя на ней те же линии и отношения, и этим закрепляя усвоенное, устанавливаем сходство и различия:

Глобус:	Карта полушарий:
1. Шар, как и земля	1. Плоский лист
2. Все меридианы — прямые линии, проходящие по поверхности шара	2. Только средние меридианы изображены прямыми линиями.
3. Все меридианы по длине равны между собой	3. Меридианы не равны
4. Меридианы проведены через равные промежутки	4. Меридианы проведены через разные промежутки.

[1] Строго говоря, формулировка — неточная, т. к. 180+180 меридианов плюс нулевой меридиан дают в итоге 361, но в 5-м классе останавливаться на значении нуля в системе градусных измерений мы считаем лишним.

5. Меридианы сходятся у полюсов.	5. Тоже[1].

Рабочие выводы: 1. На карте меридианы изображены несколько иначе, чем на глобусе, потому что глобус— шар, а карта плоская; значит, и направления на Север и на Юг надо показывать не совсем так, как на глобусе. Чтобы не ошибиться, направления на север и на юг на карте обязательно нужно показывать вдоль меридианов;

2. Определять географическую долготу — так же, как и на глобусе, пользуясь меридианами.

Линии направлений — параллели. Работа проводится опять-таки на глобусе. Сначала учащиеся знакомятся с экватором. Напоминаем, что с определением направления **С—Ю** мы теперь знакомы, предстоит познакомиться с направлениями на восток и запад. Главная линия на глобусе, показывающая направление с запада на восток, есть экватор. Это толстая линия, расположенная на одинаковом расстоянии от обоих полюсов. От полюса до полюса 20 тыс. км — значит, экватор находится в 10 тысячах км от **каждого из полюсов.** Линия экватора образует окружность вокруг земного шара. **Окружность земли** по экватору так же, как и по меридианам через полюсы — 40 тыс. км. Мы определили экватор как главную линию на глобусе, показывающую направление З—В, налево по экватору — направление на З, направо — на В. Прослеживая любое из этих направлений, убеждаемся, что **постоянных точек запада и востока, в противоположность постоянным точкам севера и юга, не существует,** поэтому, очевидно, и направления на В или З в одной точке сойтись не могут. Для каждой местности существует свое направление на З и на В, и эти направления проходят параллельно экватору. Линии, проложенные на глобусе параллельно экватору и показывающие направление с З на В и с В на З, называются **параллелями.** Экватор тоже параллель, но главная, нулевая параллель, и самая длинная, остальные параллели короче экватора и чем дальше от него, тем все короче. **Направление на З или на В нужно показывать вдоль параллелей.**

---

[1] Настаивать на обязательном запоминании учениками сходства и различия между картой и глобусом не следует: в 5-м классе важны лишь рабочие выводы из них.

Географическая широта. Далее переходим к ознакомлению с географической широтой. Рассуждаем так:

Параллели проводятся на равном расстоянии друг от друга, начиная от экватора, который есть нулевая параллель. Как и в случае с меридианами, расстояния при этом измеряются не километрами, а градусами. Получим, таким образом, 180 параллелей: 90 к югу от экватора, 90 к северу. **Расстояние параллелей от экватора в градусах называется географической широтой.** Параллели обозначают числом градусов, показывающих их широту, т. е. расстояние от экватора. Обозначения эти даются на глобусе вдоль линии нулевого меридиана. Географическая широта может быть северная и южная. Когда хотят точно указать широту, то называют не только градусы широты, т. е. расстояние от экватора, но и направление от него. Говорят: Ульяновск находится на 54° северной широты; это значит, что параллель Ульяновска находится к северу от экватора на расстоянии 54°. Следует запомнить: экватор расположен на 0° широты, полюсы—на 90° сев. или южной широты.

Итак, параллели служат: 1) для прокладки на глобусе или карте восточного и западного направлений, 2) для определения географической широты местности.

Проводить параллели через каждый градус неудобно: слишком густо будут располагаться линии. Поэтому их проводят через большее число градусов. На нашем глобусе они проведены...

Добавляем, что если разрезать глобус по экватору, то получим два полушария: северное и южное.

Далее — опять переход от глобуса к карте полушарий, как и в случае с меридианами. Найдя соответствующие линии и отношения (и этим, опять-таки, закрепляя усвоенное), устанавливаем различия:

Глобус:	Карта полушарий:
1. Параллели — прямые линии, проведенные слева направо	1. Параллели, кроме экватора, — дуги
2. Параллели проведены через равные промежутки во всех частях шара	2. Параллели проведены через разные промежутки
3. Длина параллелей уменьшается к полюсам	3. Тоже[1]

[1] На запоминании различия между картой и глобусом настаивать не следует.

Рабочие выводы: 1) на карте параллели изображены несколько иначе, чем на глобусе, — значит, и направления на восток и запад надо показывать не совсем так, как на глобусе. Чтобы не ошибиться, направления на восток и на запад на карте нужно обязательно показывать вдоль параллелей, 2) определять географическую широту так же, как и на глобусе, — пользуясь параллелями.

Общее заключение по карте полушарий: Земля есть шар, а карта — плоский лист; при переводе изображений с поверхности шара на плоскость неизбежны искажения, поэтому карта и меридианы с параллелями передает несколько иначе, чем глобус. Чтобы не ошибиться, надо восточное и западное направления вести вдоль параллелей, а северное и южное вдоль меридианов.

Так заканчивается ознакомление с главными элементами градусной сетки и их назначением. Полученные сведения закрепляются рядом практических упражнений в прокладке направлений, определении широты параллелей и долготы меридианов и т. п. Знакомить с определением географических координат точек и площадей пока не нужно.

В основание предлагаемой разработки темы «Градусная сетка» положены следующие соображения:

а) Тема нелегка для усвоения. Поэтому особенно необходимо позаботиться о том, чтобы изложение было возможно четким и каждая мысль била в одну точку, добиваясь усвоения основной идеи вопроса; ничего, что бы отвлекало от этой основной идеи, будь то «упражнения» с глиняными шарами (по сути дела рассчитанные на напрасное времяпровождение), не идущие к делу рассуждения о «неподвижных точках», описывающих «круги», или даже такое «инородное» в данных условиях «тело», как подтема «Градусы», допускать нельзя.

б) Ученик должен не только познакомиться с элементами градусной сетки, но и осмыслить их. Поэтому совершенно не все равно, с чего начать изучение и в какой последовательности продолжать: тема имеет свою собственную внутреннюю логику и ей необходимо следовать при изучении. Начинать нужно с полюсов; полюсы есть точки, обозначающие концы земной оси; **они служат в системе градусной сетки точками Севера и Юга. Меридианы — линии, соединяющие полюсы, они есть линии направлений на Север** (к северному полюсу и только до

него) и на Юг (к южному полюсу и только до него); **именно поэтому северное и южное направления** нужно показывать **вдоль меридианов;** второе назначение меридианов — служить для **определения географической долготы;** обе роли меридианов в интересах единства и целостности восприятия должны быть подчеркнуты вместе. Параллели — линии, перпендикулярные меридианам; **они показывают направления на З и В**; именно поэтому эти направления следует показывать вдоль параллелей; кроме того, **параллели служат для определения географической широты;** оба назначения параллелей должны быть также даны не разорванно, а одновременно, в связи с определением понятия.

в) Имеющий служебное значение вопрос о градусном измерении выделять в особую подтему нет решительно никаких оснований. Прежде всего: трудно географу вложить в сознание ученика 5-го класса отчетливое представление о том, что математик считает посильным только для детей более старшего возраста; следовательно, поневоле придется изложить вопрос «полегче». Во-вторых, рассуждения о градусе и долях градуса с необходимостью вызовут сопоставление с единицей времени и ее долями, и этим еще больше отвлекут от основной идеи темы. А главное — и необходимости-то в развернутом изложении вопроса нет: для наших целей совершенно достаточно, если ученик усвоит, пока без особых доказательств, что: расстояния можно измерять не только в километрах, но и в градусах; на глобусе и карте употребляют градусное измерение; для измерения долготы принято 360°, а для широты —180°.

Таким образом, то, что нам необходимо в интересах темы, очень просто, не нуждается в пространных объяснениях и прекрасно может быть изложено «мимоходом», в связи с выяснением координатного значения меридианов и параллелей.

Что же касается ознакомления с долями градуса и ценой одного градуса широты или долготы, то с этим спешить не следует: 1) пятиклассник с точными, до долей градуса, определениями дела не имеет; достаточно, если точность эта будет колебаться даже в пределах 2—3 градусов; в двух случаях, когда требуются доли градуса (при определении долготы на местности и при ознакомлении с тропиками и полярными окружностями), можно

просто пользоваться десятичными дробями, 2) в пятом классе ученик изучает общее землеведение, точных математических характеристик форм земной поверхности здесь не требуется, поэтому и масштабная роль элементов градусной сети не находит применения. Раз так, то и ознакомление с нею следует отложить.

Вообще, оба эти вопроса целесообразнее рассматривать не в 5-м, а в 6-м классе.

Пользование градусной сеткой. После того, как учащиеся обстоятельно познакомились с элементами градусной сетки и их назначением, легко синтезировать материал применительно к сетке в целом. Необходимо только четко представлять себе, что она служит для: 1) ориентирования по сторонам горизонта и прокладки соответствующих направлений, 2) для определения географических координат точек и площадей.

Применительно к первой задаче работа будет сводиться, главным образом, к закреплению знаний и навыков, полученных ранее, но с добавлением нового элемента: прокладки направлений по промежуточным сторонам горизонта. Строго говоря, эта задача школьнику не под силу, т. к. даже локсодромических линий азимутов 45°, 135° и 225° и 315° ни на карте, ни на глобусе нет и пользоваться привычными уже линиями направлений нельзя. Поэтому проводить промежуточные направления можно и нужно (по многим также другим соображениям) лишь приблизительно, пользуясь меридианами и параллелями, от пересечения которых проводится соответствующая линия направления.

Вторая задача работы с градусной сеткой потребует лишь уточнения и закрепления ранее полученных представлений: определяться теперь будет не долгота меридианов и широта параллелей, а географическое положение точки по ее параллели и меридиану. Определение географического положения площадей по координатам крайних точек есть лишь случай практического применения уже известного и трудностей не вызывает. Тем не менее, забывать о нем не следует.

Работа проводится одновременно и на глобусе и на карте полушарий. Важно развивать при этом глазомерные навыки у учащихся. При определении широты или долготы точки полезно вначале пользоваться линейкой с миллиметровыми делениями для определения длины отрезков

сторон трапеций на глобусе и карте, затем определения производятся уже на глаз. Такой прием хорош и в том отношении, что он заодно закрепит в сознании ученика факт отсутствия равнопромежуточности на сетке карты, что важно для дальнейшего. Для закрепления полученных сведений и навыков нужно проводить упражнения: определение координат точек и площадей на обзорных картах и нахождение точек по координатам — на контурных картах.

Картометрия в 5-м классе

Один вид картометрических работ — определение градусных протяжений — учащиеся уже усвоили. Теперь остается перевести полученные представления на общежитейский язык километров и метров. Вообще — это задача нетрудная, но в 5-м классе излишняя, т. к. соответствующего применения полученные знания не найдут; лучше заняться ею в 6-м классе, где требуется большая обстоятельность в физико-географическом анализе. Поэтому в 5-м классе километрами придется пользоваться независимо от градусов.

Картометрические работы покоятся на понятии масштаба. Странным образом и программа по географии средней школы и учебник **совершенно обходят молчанием** вопрос о масштабе, причем не только карты, но и глобуса[1]. Объективно это обозначает допущение принципиальной невозможности картометрических работ. Излишне говорить, что этим сильно обедняется значение карты: она оказывается только пособием для ориентирования на земной поверхности, не допускающим количественных определений; в итоге карта, строго говоря, не может быть и источником знаний, чего настойчиво должны мы добиваться. В 5-м классе измерять по карте нельзя: проекция карты полушарий не допускает этого, но в 6-м и 7-м классах, на крупномасштабных картах соответствующих проекций это совершенно необходимо; 5-й класс должен сосредоточить свое внимание на глобусе, который нужно не только рассматривать, но и измерять общепринятыми метрическими мерами.

Прежде чем приступить к картометрическим работам

---

[1] Масштаб рассматривается лишь для топографического плана.

на глобусе, нужно вспомнить сведения о численном и линейном масштабах, с которыми учащиеся познакомились в самом начале года в связи с вопросом о топографическом плане, и распространить на карту и глобус. Переходя к глобусу, нет необходимости сосредоточивать внимание на численном масштабе; достаточно, если ученик будет знать, что численный масштаб показывает, во сколько раз линейные протяжения на глобусе меньше натуральных. Зато основание линейного масштаба, точность и особенно величина должны быть усвоены твердо. Вспомнив все это, можно перейти непосредственно к картометрическим работам. Можно начать с определения масштаба самого глобуса. Вспоминаем, что окружность земного шара равна 40 тыс. км. С помощью бечевки или шнурка измеряем окружность глобуса. Рассуждаем: окружность земного шара равна 40 тыс. км. т. е. 4.000.000.000 см, а окружность глобуса—80 см. Делим 4 миллиарда на 80 и получаем, что линейные размеры на глобусе уменьшены сравнительно с натуральными в 50 миллионов раз, т. е. что численный масштаб глобуса — 1 : 50.000.000. Линейный масштаб можно тоже вывести из непосредственного измерения глобуса. 40 тыс. км изображены восемьюдесятью см, 1 см расстояния на глобусе, следовательно, соответствует 500 км на местности. К тому же выводу приходим, измерив глобус по экватору и по другим направлениям. Заключаем, что по всем направлениям глобус имеет один и тот же масштаб.

Далее следуют самые разнообразные практические упражнения по определению с помощью ниточки расстояний от полюса до полюса, до нашего города, от Нью-Йорка до Москвы, по определению длины рек (с помощью курвиметра), величины океанов и материков по длине и ширине и т. п. Работа—несложная, но важная, т. к. она вырабатывает навыки пользования масштабом, внедряет в сознание ученика мысль, что элементы земной поверхности и их пространственное положение могут быть всегда измерены каждым, что глобус, в силу своей равномасштабности, в этом отношении незаменим.

Такую же работу пытаемся провести и с картой полушарий. Можно вспомнить установленное нами ранее различие между расположением линий градусной сетки кар-

ты и глобуса и из этого различия вывести отсутствие у сетки карты свойства эквидистантности, но лучше вывести это из непосредственного измерения — сначала среднего меридиана и экватора, а затем крайнего меридиана и одной из удаленной от экватора параллелей. Вывод должен быть сделан самый категорический: **карта полушарий нужна для того, чтобы знать, где что находится, а для измерений она не годится, потому что масштаб в разных местах разный.**

Картометрические работы в 6-м и 7-м классах

Знакомя учащихся с элементами картоведения в 5-м классе, программа средней школы больше не возвращается к ним. Вряд ли это правильно. Во-первых, сомнительно, чтобы ученик смог пронести «неповрежденным» через всю семилетнюю школу даже тот скудный запас картоведческих сведений, которые он получил на протяжении нескольких часов, знакомясь с градусной сеткой, тем более в той его части, которая не находила случая для практического применения и, следовательно, закрепления, во-вторых — в 5-м классе больше обращалось внимания на формальную сторону градусной сетки, смысловая же сторона при всем нашем желании не могла быть освещена с надлежащей широтой; по-новому осмыслить, на основе годичного опыта изучения географии и новых сведений из математики, то, что уже известно, — совершенно необходимо, если мы хотим, чтобы ученик научился сознательно пользоваться картой; в третьих — сведения, полученные в 5-м классе, совершенно недостаточны и нуждаются в дальнейшем расширении, наконец, в четвертых, должна же, в конце концов, найти в школе свое законное место и практическая картография.

Дальнейшим развитием картоведческих знаний и навыков в 6-м и 7-м классах будет:

1) пользование линейным масштабом на карте,

2) ознакомление с масштабным значением градусной сетки,

3) ознакомление с пользованием картами разных проекций,

4) приобретение навыков воспроизведения карт, вычерчивания изолиний, несложной съемки местности, пользования топокартой.

6-й класс средней школы изучает части света и отдельные страны. Соответственно этому, он пользуется преимущественно картами. Следует только заметить, что учитель при этом совершенно незаслуженно игнорирует глобус. Уже было отмечено, что всякая карта всегда должна быть сопоставляема с глобусом, как с своеобразным эталоном. Остается прибавить следующее: 1) всякая часть света есть часть поверхности земного шара и поэтому обязательно должна быть определяема относительно всей системы этой поверхности; 2) отдельные, особенно большие страны, играющие крупную роль в международной жизни, естественно, также должны определяться в масштабе всей земной поверхности, а не только относительно соответствующей части света; в том и другом случае цель проще, лучше и правильнее достигается использованием глобуса. Наконец, 3) любая часть света и отдельная страна располагаются на поверхности **шара**; одна карта, без одновременного использования глобуса, может дезориентировать ученика, видящего перед собой всегда только плоскость.

Пользование линейным масштабом на карте. 6-й класс начинает работу с картой Европы, данной в равноплощадной проекции Ламберта. Строго говоря, производить масштабные измерения линейных протяжений на карте этой проекции в школе нельзя, т. к. линейный масштаб не является постоянной величиной, но искажения в пределах Европы настолько незначительны, что практически ими можно пренебречь, тем более, что необходимые измерения и не требуют большой точности; то же и в отношении карт других частей света, выполненных в проекции Ламберта. Некоторое исключение составляет карта Азии, на которой следует избегать линейных измерений по масштабу близко к краям карты, где искажения составляют значительную величину.

Знакомя учеников в начале года с картой Европы, необходимо указать им на возможность определять по ней расстояния с помощью линейного масштаба, однако следует при этом и предупредить, что хотя результаты будут и точнее, чем на карте полушарий, но искажения (правда, сравнительно небольшие) неизбежны и здесь, т. к. вообще невозможно без искажений изобразить на плоскости шаровую поверхность Земли.

Сама работа по масштабу не представляет затруд-

нений. Прямые линии измеряем с помощью линейки, кривые — курвиметром.

Ознакомление с масштабным значением градусной сетки. Одновременно следует начать ознакомление учащихся с вычислением расстояний по градусной сетке. Громадное значение этой работы, в частности, заключается в том, что мы впервые перекидываем мостик между самостоятельными, независимыми до того градусами и метрическим измерением расстояний.

Конечно, знакомство с приемами вычисления потребует специального времени и, по крайней мере, один академический час должен быть затрачен на это перед началом изучения географии Европы.

Работа должна быть начата на глобусе. Ход рассуждений при этом таков:

Расстояние от экватора до полюса равно 10 тыс. км, то же расстояние в градусах = 90°; следовательно, 1° меридиана составляет 10000 : 90 = 111 км.

Длина экватора составляет 40 тыс. км, в градусах = 360°, 1° экватора = 40000 : 360 = 111 км, т. е. длина та же, что и у 1° меридиана.

Но параллели короче экватора, поэтому, соответственно, и длина 1° по параллелям короче, каждая параллель имеет собственную длину 1°.

Запомнить число 111 для меридианов и экватора нетрудно, но запомнить длину 1° для всех параллелей невозможно. И не нужно, достаточно запомнить значение 1° для своей параллели. Для облегчения вычислений на других широтах необходимо дополнение к карте; на рамках карты, у выходов параллелей под числом градусов, которым обозначена параллель, знаменателем следует подписать значение 1° долготы. Параллель 40° будет иметь тогда «знаменателем» 85,4 км, параллель 50° —71,7 км и т. д.

Приводим таблицу длины дуг в 1° параллелей на советском эллипсоиде 1940 г.

Широта в градусах	Длина 1° параллели	Широта в градусах	Длина 1° параллели	Широта в градусах	Длина 1° параллели
0	111,3	26	100,2	51	70,2
1	111,3	27	99,3	52	68,7
2	111,3	28	98,4	53	67,1

Широта в градусах	Длина 1° параллели	Широта в градусах	Длина 1° параллели	Широта в градусах	Длина 1° параллели
3	111,2	29	97,4	54	65,6
4	111,1	30	96,5	55	64,0
5	110,9	31	95,5	56	62,4
6	110,7	32	94,5	57	60,8
7	110,5	33	93,5	58	59,1
8	110,2	34	92,4	59	57,5
9	110,0	35	91,3	60	55,8
10	109,6	36	90,2	61	54,1
11	109,3	37	89,0	62	52,4
12	108,9	38	87,8	63	50,7
13	108,5	39	86,6	64	48,9
14	108,0	40	85,4	65	47,2
15	107,6	41	84,1	66	45,4
16	107,0	42	82,9	67	43,6
17	106,5	43	81,5	68	41,8
18	106,0	44	80,2	69	40,0
19	105,3	45	78,8	70	38,2
20	104,7	46	77,5	71	36,4
21	104,0	47	76,1	72	34,5
22	103,3	48	74,6	73	32,6
23	102,5	49	73,2	74	30,8
24	101,8	50	71,7	75	28,9
25	101,0			90	0,0

Далее следуют упражнения: мыс Челюскин расположен на 77° сш, а мыс Буру на 1° сш; материк Азии протянулся в широтном направлении[1] на 111 x (77° — 1°) = 8436 км, кратчайшее расстояние от Аляски (72° сш) до Москвы (56°) через северный полюс составляет 111 x (90° — 72°) + (90° — 56°) = 111 км x 52 = 5772 км. Длина 60-й параллели = 55,8 x 360; от Харькова (50° сш, 36° вд) до Сахалина (50° сш, 142° вд) — вдоль параллели — (71,7 x 106) километров и т. п.

Этот способ имеет два неудобства: во-первых, вычисления возможны только в долготном и широтном направлениях, расстояния по промежуточным направлениям вычислять нельзя, во-вторых — вычисленное по долготе расстояние не является кратчайшим (это локсодрома,

[1] Широтным направлением мы, в согласии с проф. В. Н. Сементовским, называем направление от экватора к полюсам, а долготным — от нулевого меридиана к В и З.

а не ортодрома), да и вычисления по широте, затрагивающие одновременно восточное и западное полушария, допустимы только для пунктов, расположенных на противоположных меридианах. С неудобствами этими приходится мириться, а в случае настоятельной необходимости нужно просто прибегнуть к измерению на глобусе. Впрочем, обычно наши определения и не выходят за пределы вычисления протяженности по широте и долготе на сравнительно небольших расстояниях, поэтому способ вычисления вполне применим.

Ознакомление с картами различных проекций. Всякую новую карту, к которой учитель переходит, он обязан «представить» учащимся. Название карты, масштаб, шкала высот и глубин, положение относительно начального меридиана и экватора, легенда — все это начерно должно быть рассмотрено в первый же день пользования картой. Удобно это сделать в связи с общим обзором части света или страны. Но основное внимание при этом должно быть обращено на градусную сеть карты. Речь идет не о том, чтобы знакомить учащихся с учением о картографических проекциях, а об ознакомлении с некоторыми особенностями сетки, касающимися ориентирования и картометрии. Решаем при этом, по существу, два вопроса: как ориентироваться на новой карте по странам света и — действителен ли масштаб, обозначенный на карте.

Первый вопрос имеет особенно важное значение при пользовании физической картой Азии, т. к. ее проекция[1] «переходит всякие границы» в искажении направления параллелей, не исключая и экватора. Здесь снова и крепко нужно повторить то, что было известно о пользовании линиями градусной сетки при прокладке направлений, сравнить Азию и ее части на карте и на глобусе, не поскупиться на тренировочные упражнения; при изучении северо-восточной Азии или положения различных частей Азиатского материка относительно Европы следует рекомендовать ученикам поворачивать карту таким образом, чтобы меридианы изучаемой территории располагались в направлении, максимально близком к вертикальному.

Второй вопрос — о применимости обозначенного на

[1] Равновеликая Ламберта.

карте масштаба — может быть решен логически (сопоставлением сеток глобуса и карты), но лучше всего сделать нужно вывод на основании исследования с циркулем в руках. Для этого берем одну из трапеций карты, подальше от центра и измеряем циркулем сторону (отрезок меридиана); затем вспоминаем, что десять градусов широты составляют 1110 км, делим это число на полученное с помощью циркуля число сантиметров и заключаем: масштаб по широте не совпадает с обозначенным внизу карты (в 1 см — 400 км). Также поступаем и с основанием трапеции (отрезком параллели), приходим к тому же выводу. Тот же вывод даст исследование и второй трапеции. То обстоятельство, что масштаб в области Куэнь-Луня очень близок к «официальному» лишь убедит нас в том, что последний относится именно к середине карты, в остальных же местах он недействителен. Общее заключение: по карте можно знакомиться с Азией, можно вычислять расстояния, но измерять можно лишь в местах, не особенно далеких от центра карты.

Для сопоставления можно таким же образом исследовать сетку карты Европы.

Остается сказать, что эту работу «между делом» провести невозможно, нужно выделить на нее специальный час.

Воспроизведение карт. В 5-м классе пользование градусной сеткой сводилось к ориентированию по сторонам горизонта и определению географических координат. В 6-м классе следует уже начать, а в 7-м классе широко применять, и обратную второй работу — нанесение точек по данным координатам. Самым простым случаем здесь будет часто применяющаяся у нас работа с контурной картой, но несколько усложненная. Предстоит задача: приписать к пунсонам на контурной карте наименования городов Поволжья. Обычно при этом учащиеся должны пользоваться «местной привязкой» — узнавать город по географическим ориентирам: «угадать» г. Горький по устью реки Оки, впадающей в Волгу, Куйбышев — по Самарской Луке и т. д. Можно и нужно при этом математически уточнить задачу: — нанести название города, расположенного на таком-то градусе широты и таком-то градусе долготы. Далее может применяться нанесение не только названий, но и пунсонов городов, не обозначенных на карте, собственного населенного пункта. Очень

полезно наносить по заданным координатам месторождения полезных ископаемых, пункты важнейших новостроек и т. д. Наконец, учащийся должен научиться наносить на карту маршруты и самые различные изолинии не на глазок, а точно по координатам, предложенным учителем или снятым с карты (в последнем случае полезно усложнять задачу, предлагая нанести линии на сетку другой проекции).

Смысл всей этой работы состоит в том, чтобы научить учащихся не только пользоваться готовой картой, но, в известной мере, и «составлять» ее.

Должен ли ученик ограничиться умением только пользоваться картой, или нужно, чтобы он, кроме того, умел, хотя бы и несовершенно, воспроизвести ее? Нам кажется, что нужно не только первое, но и второе. Помимо того, что дополнительное к зрительному моторное восприятие само по себе в высокой степени способствует лучшему усвоению, графические навыки и сами по себе весьма ценны (и не только в географии). К сожалению, немногие учителя осознают справедливость этого утверждения. Обычно, когда речь заходит о черчении карт (или даже схем), недостатка в возражениях не бывает: «Это пахнет старой школой», «И без того мало времени, еле успеваем проработать материал», «Сами не умеем чертить» и т. д. Первое возражение никак не может быть принято всерьез: можно не чертить карт и в то же время поставить преподавание так, что «старая школа» будет казаться совершенством и, наоборот, можно чертить и даже много чертить, но это нимало не будет напоминать сухого формализма старой школы. Если черчение карт — не самоцель, не черчение ради черчения, если оно способствует лучшему усвоению географии, если, наконец, соответствующие навыки жизненно-необходимы, то при чем здесь старая школа? Второе возражение тоже несостоятельно. Учитель Ульяновской школы Л. А. Филиппов чертит с учениками карты во всех классах, начиная с пятого и кончая девятым, и успевает не только пройти программу, но и дать при этом массу нового, злободневного материала современности, а успеваемости его учеников можно позавидовать. Что сами мы графически малограмотны, это верно. Но, во-первых, до каких это пор мы будем жаловаться на малограмотность? Не пора ли уже преодолеть ее? А, во-вторых, не таким уж большим ху-

дожником надо быть, чтобы вычертить простенькую карту. Словом, не во времени и ни в чем другом тут дело, а просто в нашей инертности, в том, что работа — непривычная, а освоить ее никак не соберемся. Иной и так рассуждает: «Обходились, ведь, без этого, — зачем теперь утруждать себя?»

Ясно, что, изучая карту, ученик должен уметь и воспроизводить ее, совершенно так же, как, изучая грамоту, он учится не только читать, но и писать. Вот это-то картографическое «письмо» и нужно поставить в школе. В 5-м классе это будут пока только «буквы» и «слова», а в шестом и седьмом — «фразы» и целые «произведения».

Подробно вопрос о методике работы по воспроизведению карт будет разобран в своем месте.

Топография. В самом начале 5-го класса даются первые топографические сведения и навыки. Они настолько невелики, что никакого практического значения не имеют, и смысл их можно видеть только в том, что учащиеся должны на материале топографии понять, **как создается** та географическая карта, по которой им предстоит работать, но для этого необходимо соответствующим образом перестроить материал.

Программа построена таким образом, что учащийся затем переходит от мелкомасштабных карт ко все более крупномасштабным. Почему бы в этом случае не дойти до логического конца — до изучения топографической карты, и этим завершить круг основ картоведческих знаний? Можно возразить, что если ученик хорошо усвоил обзорную географическую карту, то в топографической он сам разберется. Излишне доказывать, что это не так.

Но не только логические соображения заставляют ставить вопрос о введении в курс 7-го класса основ топографии. Топография имеет и самостоятельную ценность. Школа должна давать то, что требует жизнь, а она, в частности, требует умения изучать природу и соответствующим образом фиксировать изучаемое, хорошо ориентироваться на местности и графически фиксировать ее. Человек, окончивший семилетнюю школу, должен иметь твердые навыки производства несложной съемки местности (глазомерной и полуинструментальной) и пользования топокартой.

Ввиду того, что основы топографии пока в программе отсутствуют, ее методика здесь не рассматривается и вопрос ставится лишь в порядке обсуждения.

Н. М. Яковлев

ОПИСАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТЕ В 5—7-х КЛАССАХ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Важной задачей преподавателя географии является научить учащихся читать карту. Чтение физической карты заключается в воспроизведении по ней основных черт физической географии заданной территории.

Обучение чтению карты есть сложный процесс, не менее, а в некоторых отношениях более сложный, чем обучение чтению книги в начальных классах школы, и оно невозможно без законченной, глубоко продуманной системы усилий и сообщаемых сведений.

Как и при обучении чтению книги, здесь есть первая ступень — обучение картографической грамоте, и вторая — «чтение любого текста». Надлежащее овладение первой ступенью обеспечивает более успешное достижение конечной нашей цели — научить школьника воспроизводить географию по карте, т. е. читать карту.

Первая ступень — элементарная картографическая грамотность — состоит в: а) знании градусной сетки и условных обозначений, б) знании программного объема номенклатурного материала, в) умении «складывать» элементы карты в картографические «слоги» и «слова», г) умении прочитать несложный картографический текст. При таком чтении ученик использует из области собственно географии, главным образом, географические **понятия** и само чтение сводится к **простому описанию географического положения,** очертаний и несложным количественным определениям, это — описательное чтение карты.

По мере изучения географических закономерностей в описание постепенно вплетаются элементы географического анализа и синтеза, работа вступает в свою вторую фазу — фазу **физико-географической интерпретации ма-**

териала карты. Эту вторую фазу или ступень можно было бы, в противоположность первой, назвать **объяснительным или толковательным чтением карты.**

Объяснительное чтение карты имеет свою систему, предусматривающую постепенное усложнение текста по мере прохождения школьной программы. Можно наметить следующую последовательность объяснительного чтения: а) геоморфологическое чтение карты, б) гидрологическое, в) климатологическое, г) биогеографическое и, наконец, д) полное, комплексное чтение, т. е. воспроизведение в общих чертах физико-географического ландшафта заданной территории по карте с помощью изученных основ географической теории. Эта последовательность, как видим, вполне отвечает принятой схеме физико-географического анализа и в общем соответствует школьной программе по географии.

Задачей настоящей статьи является рассмотрение некоторых вопросов методики элементарного чтения карты, названного выше **описательным,** именно вопросов, относящихся к определению географического положения элементов земной поверхности.

Географическая номенклатура и чтение карты

Если ученик бойко и безошибочно показывает на карте все, что называет учитель. — это хорошо, но это еще не чтение карты. Если ученик бойко и безошибочно называет то, что показывает учитель — тоже хорошо, но это также пока не чтение карты. Если ученик 1-го класса свободно показывает или называет буквы на стенной таблице, кому придет в голову назвать это чтением? Чтение начинается только тогда, когда «бессмысленные» условные знаки азбуки начинают складываться в живые слова. Точно так же и элементарное чтение карты начинается с соединения элементов ее содержания друг с другом в маленький сначала, осмысленный комплекс и заключается, в конечном счете, в описании географического положения элементов земной поверхности. Речь идет не только и не столько о координатах, а главным образом, об определении положения собственно-географическим способом, т. е. относительно других физико-географических элементов, положение которых известно.

Простейший вид определения географического положения таким способом можно было бы назвать очень удачным словом, принятым в военной топографии, — «привязка», но с прибавлением «географическая». Смысл понятия «географическая привязка» заключается в том, что положение нового топографического элемента определяется не математически с помощью координат, а по отношению к другим элементам.

Итак, элементарное описательное чтение карты заключается во взаимной географической привязке ее элементов.

О географической привязке

Осуществляя привязку, необходимо руководствоваться следующими положениями:

а) привязывать можно только к тому, что уже известно, т. е. что является в данном случае ориентиром;

б) это известное должно по возможности находиться в функциональной или логической связи с новым; установление формальной связи, по признаку только соседства, должно иметь ограниченное применение;

в) привязка производится не «намертво» к одной определенной группе ориентиров; последние могут меняться в зависимости от задач темы и по мере пополнения номенклатурных знаний учащихся;

г) система привязки и последовательность смены ориентиров обусловливаются структурой и объемом картографического материала, установленного для каждого класса.

Первое и третье положения ясны сами по себе и в особом объяснении не нуждаются. Остановимся на последующих.

Ориентиры по формальной связи

На карте существует два вида ориентиров: а) ориентиры, имеющие лишь формальное отношение к определенному объекту, и б) ориентиры, связанные с ним функциональной или логической связью.

Первые — это элементы, которые в силу величины, своеобразия очертаний, положения на карте или раскраски, особенно бросаются в глаза и поэтому невольно за-

поминаются, независимо от того, используются они в данном случае, или нет. Эти элементы составляют своеобразную «опорную сеть», с помощью которой ученик ориентируется на карте. По каким признакам, например, он узнает карту Европейской территории СССР, на которой ему предложено найти г. Уфу? Оказывается, прежде всего, по Черному и Каспийскому морям. Уверившись в том, что эти моря налицо, ученик подтверждает свою догадку нахождением Балтийского моря, Кольского полуострова, затем Уральских гор и т. д. Африка узнается по характерной глыбообразной, с выемкой Гвинейского залива на западе, форме, почти сплошной бурожелтой окраске, затем по Средиземному и Красному морям, Нилу и Конго[1]. Италия узнается по «Петровскому сапогу» Апеннинского полуострова в Средиземном море, Антарктида по положению «в самом низу карты» и т. д.

Как видим, в данном случае, ориентиры не однозначны и не равнозначны, в известной мере, даже случайны, привязка в этом случае — формальная, но и этой, формальной, связью пренебрегать не следует, если она способствует лучшему усвоению карты. Ученик в конце концов собственным опытом восполнит в известной мере тот пробел, который допустил преподаватель, недооценивший значения формальных ориентиров: Куйбышев на незнакомой карте он будет обязательно искать по Каспийскому морю, отправившись из него вверх по Волге до характерного изгиба Самарской Луки; прежде, чем показать Яблоновый хребет, он найдет озеро Байкал, и восточнее, параллельно ему, отыщет искомое, и т. д., но этот опыт может стать совершеннее и полнее, если его накоплением руководит учитель.

Отсюда следует: а) каждый раз, когда учитель переходит к новой карте, он прежде всего должен выделить на ней особенности содержания, могущие служить ориентирами, установить «опорную сеть» ориентиров, от и вокруг которых будет «плясать» ученик, и научить пользоваться ею, б) он не ограничивается формальными ори-

---

[1] Любопытно, что Атлантический и Индийский океаны в этом случае воспринимаются не как ориентиры, а лишь как цветовой фон, на котором изображена Африка. Соответственно этому, и названия этих океанов не фигурируют, когда ученик сообщает, по каким он признакам отличает Африку от других материков.

ентирами «первого порядка», а в необходимых случаях, по мере изучения географии и карты, должен создавать сеть второго, третьего и т. д. порядка, под которыми понимаются ориентиры внутри изучаемой страны и ее частей.

Ориентиры по функциональной и логической связи

Однако, как ни важен указанный вид ориентиров, строить все описание карты на формальной привязке нельзя. И здесь мы подходим ко второму виду элементов карты, которые может быть и не бросаются сами по себе в глаза, но хорошо известны учащимся по функциональной или логической связи со вновь изучаемым и поэтому могут и должны служить ориентирами. Строго говоря, это даже не ориентиры в обычном понимании, они более широкого значения, т. к. помогают не только пространственной локализации элементов земной поверхности, но и усвоению географического смысла данного комплекса элементов. В описательном чтении карты этот вид ориентиров является основным.

Во многих случаях направление привязки заключается в самом определении физико-географического понятия: полуостров есть часть суши, вдающаяся в море — положение полуострова должно определяться относительно суши, часть которой он составляет, и омывающего его моря; пролив — полоса воды, соединяющая два водных бассейна и отделяющая два участка суши—привязка производится к соответствующим акваториям и территориям. Таким же образом привязываются моря, заливы, каналы, бухты, мысы, перешейки, острова. Это привязка по логической связи — направление привязки логически вытекает из определения географического понятия.

В других случаях направление привязки вызывает затруднения, т. к. непосредственно в определении понятия не дано определения, например, таких понятий, как «горный хребет», «горная страна», «возвышенность», «низменность» и некоторые другие совершенно не дают ключа для привязки. В этих случаях приходится уже пользоваться не определением понятия, а функциональной связью с другими, ранее изученными географическими элементами, избрав их ориентирами. Река есть функция

поверхности[1], функционально она связана и с морем; потому, очевидно, определяя положение реки, необходимо связать его с геоморфологической областью верховьев, затем бассейна в целом и, наконец, с базисом эрозии — морем: р. Обь берет начало в **Алтайских горах,** протекает **по Западно-Сибирской низменности** и впадает в **Карское море.** Озеро есть тоже функция поверхности и через нее определяется: в зависимости от генезиса озер, они могут быть привязаны к горам, моренному рельефу, морю, реке и т. д.; для крупных сточных озер важно упомянуть и вытекающую из озера реку, для бессточных крупнейшие из впадающих рек, для проточных, типа Ладожского, — впадающую и вытекающую. Горы и горные страны должны привязываться по геотектонической связи (используемой учителем, но до изучения геологии скрытой для учеников), прежде всего к тем или иным частям платформ и геосинклиналей; практически приходится использовать для этого соответствующие низменности и возвышенности: Урал, Кавказ, Крым, Карпаты связываются с Восточно-Европейской равниной, Восточно-Сибирские — с Средне-Сибирским плоскогорьем и т. д. В тех случаях, когда горы не соприкасаются с платформами непосредственно, уместно группировать их в периферические системы, как это иногда и практикуется: **Саяно-Байкальская** горная страна, Яно-Колымская, Памиро-Алай. Допустима и упоминавшаяся уже формальная связь, по признаку непосредственного соседства: хребет Сихото-Алинь располагается вдоль западного побережья **Японского моря** и **Татарского пролива**, Вогезы расположены на **Востоке Франции, севернее Юры**, вдоль **западного берега р. Рейн**. Очень легко привязывать горы в том случае, если само их название заключает элемент связи. Скандинавские горы, Пиренейские, Апеннинские, Балканские и др. привязываются к соответствующим полуостровам, Рейнские Сланцевые — к р. Рейну, Байкальские — к оз. Байкал и т. д.

Низменности и возвышенности, изучаемые в самом начале 5-го класса, затем в порядке обратной связи, могут определяться своим горным окаймлением. Аллювиальные низменности получают дополнительные ориен-

[1] Климат не относится к числу картографических элементов.

тиры в виде создавших их рек (Ломбардская, Рионская, Амазонская и другие).

Во всех случаях привязки должен быть последовательно выдержан пространственный принцип определения: в такой-то части материка, океана, полуострова, с таких-то сторон, в таком-то направлении.

То, что мы назвали географической привязкой, есть самое элементарное чтение карты, сравнимое с образованием слов и простейших фраз в обучении грамоте. В дальнейшем эта работа, постепенно усложняясь и совершенствуясь, приобретает все признаки настоящего описательного чтения «отрывков». Вот примеры такого элементарного чтения: «Гибралтарский пролив находится на юго-западе Европы, он соединяет Средиземное море с Атлантическим океаном и отделяет Пиренейский полуостров от северо-западной части материка Африки», «Уральские горы располагаются между Восточно-Европейской равниной на западе и Западно-Сибирской низменностью на востоке, отделяют Европу от Азии; на севере Уральские горы начинаются у Байдарацкой губы Карского моря, вначале идут на юго-запад, затем, приблизительно от высочайшей своей вершины — г. Народной, — поворачивают на юг и, слабо изгибаясь, направляются вдоль шестидесятого меридиана до р. Урала в том ее месте, где она течет с востока на запад».

Система географической привязки

Очевидно, географическая привязка будет не одинаковой в различных классах школы. Различна, во-первых, степень сложности работы, во-вторых — каждый класс пользуется своей системой ориентиров, обусловленных программой и структурой картографического материала. Представляется возможным выделить, в связи с этим, следующие группы ориентиров:

а) ориентиры первого порядка — система картографических элементов, относящихся к изучению земной поверхности в целом. Соответствует программе основ общего землеведения, изучаемой в 5-м классе;

б) ориентиры второго порядка — система элементов, связанных с отдельными частями света и относящихся к этим частям света в целом. Соответствует «Общим обзорам» в 6-м классе;

в) ориентиры третьего порядка — система элементов для отдельных стран. Соответствует страноведческой части курса географии 6-го класса;

г) так как общий обзор СССР дается не на фоне отдельных частей света, как это имеет место для зарубежных стран, а страна рассматривается сама, как своеобразная «часть света», то и относящуюся сюда систему ориентиров целесообразно выделить в особую группу ориентиров третьего порядка;

д) наконец, группу ориентиров четвертого порядка составляют картографические элементы, относящиеся к изучению страны по районам.

Следует различать отдельные ориентиры и систему ориентиров. Одни и те же ориентиры могут выступать в системах разных порядков. Например, сответствующий полуостров может рассматриваться в системе и всей земной поверхности, и отдельной части света, и отдельной страны, с другой стороны, он сам может заключать более мелкие системы; следовательно, в зависимости от места и роли в физико-географическом изучении, он может относиться к системам и первого, и второго, словом различных порядков.

В 5-м классе объект изучения — земная поверхность **в целом.** В связи с этим, следовало бы несколько изменить порядок изучения номенклатурного материала и начинать его не с низменностей, как это предусмотрено в учебнике 5-го класса, а с общего обзора земной поверхности по океанам и частям света, пусть пока лишь в порядке повторения того, что учащиеся узнали в 4-м классе. Первая работа, которая проводится при этом — взаимная привязка материков и частей света: Тихий океан находится между Азией и Австралией на западе, Америкой на востоке и Антарктидой на юге; Африка располагается в восточном полушарии, омывается с запада Атлантическим, а с востока Индийским океаном, с севера Средиземным морем, которым отделяется от Европы, а с северо-востока — Красным морем, отделяющим Африку от Азии[1]. Работа несложная, но важная. Во-пер-

[1] Называя Средиземное и Красное моря, мы несколько «забегаем вперед», но это в данном случае совершенно необходимо, тем более, что запоминать-то придется лишь Красное море, т. к. Средиземное известно из 4-го класса.

вых, она закладывает элементарнейшие основы навыков определения географического положения, пользования географической терминологией и географического описания. Ученик узнает, что 1) положение частей света нужно определять относительно океанов и морей, а также и друг друга, а океаны и моря — относительно частей света, 2) части света, океаны и моря **находятся, располагаются, омываются, омывают** (усваивается географическая терминология), 3) говоря о том, что располагаются, омывают(ся), нужно обязательно сказать, с какой именно стороны (усваивается навык свободного ориентирования по сторонам света), 4) все это надо передать связно, в виде короткого рассказа. Во-вторых, указанная работа имеет специальное значение: умело сочетая использование глобуса и карты полушарий, мы добиваемся устранения в самом начале недоумения, которое неизбежно возникает у учеников из-за того, что земная поверхность на карте полушарий дана разорванной, и приучаем их к тому, что Америка находится действительно на восток от Азии и Австралии, а эти последние — на запад от Америки[1].

Далее по программе идет ознакомление с положением низменностей Восточно-Европейской равнины, известных ученикам по 4-му классу, и плоскогорий.

Необходимо помнить, что материал дается на фоне всей земной поверхности, поэтому и ориентиры необходимо брать, соответственно, относительно частей света, океанов и морей, а в качестве дополнительных — ориентиры очередного порядка. Восточно-Европейская равнина находится на востоке **Европы**, омывается на севере морями Северного Ледовитого океана, на северо-западе — Балтийским морем, на юге — Черным, на юго-востоке — Каспийским, на востоке границей равнины являются Уральские горы. На равнине имеются возвышенности: в юго-западной части — Волыно-Подольская, в центре— Средне-Русская, восточнее Средне-Русской, вдоль правого берега р. Волги — Приволжская (потому Приволжская, что при Волге), южнее по р. Донцу — Донецкий Кряж, а на востоке равнины примыкает к Уральским горам Приуральская возвышенность. Польско-Германская

[1] Взаимное положение Америки и Европы с Африкой обычно не вызывает сомнений, хотя они и разделены рамками карты.

низменность находится в северной части центральной Европы, между Балтийским и Северным морями на севере и горами на юге, главным образом на территории Польши и Германии; эта низменность есть западное продолжение Восточно-Европейской низменной равнины. Миссисипская низменность располагается в южной части Сев. Америки, по р. Миссисипи (поэтому и Миссисипская). Плоскогорье Тибет — в Центральной Азии, с юга окаймляется высочайшими в мире Гималайскими горами.

Следующая номенклатурная группа — горы. Опять начинаем с установления положения на материке, а далее уточняем это положение, связав его с изученными уже низменностями и плоскогорьями; это очень удобно и в том отношении, что: 1) закрепляется пройденный материал, 2) материал этот обогащается новыми ориентирами. Тогда Карпаты определят южную границу Польской низменности и окажутся юго-западной границей Восточно-Европейской равнины, Памир свяжется с Гималаями и сам стянет в один горный узел Куэнь-Лунь и Гиндукуш; Тибет замкнется между Гималаями и Куэнь-Лунем и т. д. Горы, не связанные с ранее изученными низменностями и плоскогорьями, будут определяться самостоятельно по положению на материке, по отношению к омывающему морю и т. д. Связывать Пиренейские, Апеннинские и Балканские горы с соответствующими полуостровами формально нельзя, т. к. с полуостровами еще не знакомились, но все же сделать это необходимо по тем соображениям, что, во-первых, сама логика подсказывает направление привязки, во-вторых, — никакой добавочной трудности для ученика не составляет запомнить одновременно горы и соответствующий полуостров, а в-третьих — экономится время на усвоение номенклатуры.

Очень важным моментом в ознакомлении на карте с формами рельефа является указание на их очертания и, особенно в случае гор — на направление хребтов.

После изучения градусной сетки в определении географического положения можно уже включать пользование координатами широты и долготы и несложные картометрические работы, составляющие важнейший элемент описательного чтения карты[1].

---

[1] О картометрических работах см. в статье «О математическом чтении карты в 5—7-х классах».

Таким образом, в добавление к тем навыкам и правилам определения географического положения, которые ученик получил при обзоре материков, он усваивает, что: 1) определение необходимо начинать установлением положения соответствующей орографической области на поверхности части света, а также по отношению к омывающим морям, если они есть, 2) дальнейшее уточнение привязки производится с помощью элементов поверхности, ставших ориентирами на предыдущих занятиях, 3) первоначальные определения положения надо обогащать и уточнять вновь усвоенным материалом, 4) если названия низменностей и гор происходят из названий государств, рек и полуостровов, то, определяя географическое положение, необходимо связывать их с соответствующими государствами, реками и полуостровами, 5) для точного определения положения местности на земной поверхности нужно указывать ее координаты.

Не перегружаем ли мы ученика требованием знать правила определения географического положения? Нет.

Во-первых, знание известных правил входит в обязанность ученика: правила поведения в школе и дома, правила, установленные для устных ответов, для выполнения письменных работ, правила показа по карте — много правил нужно знать ученику, в том числе и правил определения географического положения.

Во-вторых — мы вовсе не требуем, чтобы эти правила заучивались. Наша задача — превратить знание правил определения географического положения, как и многих других «правил», в соответствующий навык, которым ученик пользуется — пусть даже, в известной мере, безотчетно.

В 6-м классе изучается по частям света физическая география зарубежных стран. При этом ориентиры 1-го порядка (океаны и суша), за исключением изучаемого материала, постепенно отходят на второй план и используются лишь при определении географического положения части света, элементы же частей света претерпевают изменение в том смысле, что рассматриваются уже не на фоне географии всей земной поверхности, а лишь материка. Главной систематической единицей становится отдельная часть света как целое.

Программа предусматривает вначале общий обзор

части света по физико-географическим элементам. Здесь мы прежде всего обособляем изучаемую часть света, определив ее положение относительно других частей света и океанов. Затем начинаем описание по элементам, привязывая их к «телу» материка. Изучаемые нами моря, заливы, полуострова и горы систематизируются, увеличиваются в числе до пределов, обеспечивающих изучение положенного объема географических знаний, и превращают, таким образом, часть света в четко очерченное целое.

После общего обзора части света начинается изучение карты отдельных стран. Здесь происходит дальнейшая детализация ориентиров. В качестве главной систематической единицы выступает отдельная страна. Отношение этой страны к соответствующей части света определяется опять-таки только в ее общем обзоре, также рассматривается и отношение страны к соседним странам, но части изучаемой страны определяются только по отношению к ней самой. Наконец, при районном обзоре главной систематической единицей оказывается уже район, относительно которого определяются географические элементы[1]. Таким образом определяя, например, такой физико-географический район как Ронская низменность, нет необходимости указывать, что она находится в восточном полушарии, в Европе, именно в Западной Европе; достаточно отметить, что низменность располагается в южной части Франции вдоль реки Роны и Соны, между Альпами на востоке и Центральным массивом на западе, наклонена на юг и, расширяясь, переходит к Лионскому заливу Средиземного моря.

Все сказанное в полной мере относится и к работе в 7-м классе, поэтому специально останавливаться на ней не будем.

Таким образом, процесс изучения карты есть аналитический процесс, обратный генерализации: от самого мелкого масштаба глобуса и карты полушарий через ряд промежуточных ступеней мы переходим к самому крупному в допустимых пределах масштабу карты отдельных стран и даже районов. Такая последовательность, законная сама по себе, таит опасность потери учеником географической перспективы, если применять ее

---

[1] Главным образом, социально-экономические.

слишком «последовательно». Необходимо поэтому практиковать и обратную последовательность, синтетический путь — генерализацию. Школе знаком этот прием, но применяется он, к сожалению, обычно только в тех случаях, когда учитель предпринимает повторение, готовя учеников к предстоящим испытаниям по пройденному материалу. Правда, многие учителя, при опросе учеников, в качестве «третьего вопроса» спрашивают материал, допустим, общего обзора части света, или предпринимают «путешествия по карте», но не всегде здесь присутствует система, поэтому вопросы нередко случайны. Следует помнить, что дробя земную поверхность на составные части, нужно и собирать воедино эти части, рассматривая их на фоне и более крупных систематических единиц.

Заключение

Мы рассмотрели некоторые вопросы описательного чтения карты. Это в значительной степени **формальное** чтение, без глубокого физико-географического анализа, рассчитанное лишь на то, чтобы ученики ориентировались в горизонтальном пространстве земной поверхности и умели связно выразить, в виде словесных (или письменных) описаний, **пространственные** отношения физико-географических элементов и комплексов, изображенных на карте. Совершенно очевидно, что **описательное чтение карты должно сопровождаться объяснительным,** чтобы затем стать **преимущественно объяснительным.**

Что дает описательное чтение карты?

1. Развивает у ученика уменье видеть на карте не изолированные ее элементы, что неизбежно, когда его заставляют «найти и запомнить» порознь сначала низменности земного шара, потом плоскогорья, горы и т. д., —а целые комплексы пространственно и функционально связанных элементов.

2. Развивает наблюдательность, способность выделять главное и определяющее в многообразии элементов — то, что особенно важно в свете поставленной задачи картографического анализа,

3. Развивает навыки логических рассуждений, приучает к точным формулировкам, способствует овладению географической терминологией.

4. Обеспечивает более прочное усвоение географической номенклатуры.

И, наконец, применительно к общей задаче чтения карты.

5. Закладывает прочную основу для объяснительного чтения, когда, прилагая физико-географические закономерности к изученным элементам и комплексам земной поверхности, ученик по карте выводит общий физико-географический облик заданной территории.

Ниже даются «примерные схемы» для описаний. Они требуют: 1) географической привязки, вопросы которой рассмотрены в настоящей статье, 2) картометрических работ, рассмотренных в предыдущей статье о математическом чтении карты, 3) работы со шкалой высот и глубин, самой по себе несложной и потому специально не рассмотренной.

ПРИМЕРНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ ОПИСАТЕЛЬНОГО ЧТЕНИЯ КАРТЫ В 6-м КЛАССЕ

1. Часть света

1. Название. 2. Положение относительно других частей света, кратчайшие расстояния до ближайших из них (на глобусе по масштабу и вычислением по градусной сетке). 3. Положение относительно омывающих океанов и их частей. 4. Положение относительно экватора и нулевого меридиана. 5. Между какими широтами располагается часть света. Средний меридиан и средняя параллель. 6. Протяженность части света по широте и долготе (на глобусе и вычислением по градусной сетке). 7. Особенности очертаний. 8. Моря, заливы и проливы, полуострова и острова (обязательно—с какой стороны).

2. Отдельный полуостров

1. Название. 2. Положение на материке (в какой части). 3. Омывающие моря (с каких сторон). 4. Общая ориентировка, если она ясно выражена (в каком направлении вытянут). 5. Протяженность по широте и долготе или по ширине и длине (вычислением). 6. Особенности очертаний.

3. Отдельный остров

1. Название.

2. Положение в океане, море (в какой части, чем омывается).

3. Положение по отношению к материку, расстояние до ближайшего берега (вычислением).

4. Общая ориентировка.

5. Величина по широте и долготе.

6. Особенности береговой линии.

4. Море и залив

1. Название.
2. Положение по отношению к океану и материку (часть какого океана, в какой материк и с какой стороны вдается, омывает).
3. Образует ли заливы и проливы.
4. Протяженность по широте и долготе.
5. Общая ориентировка.
6. Рельеф дна (по шкале глубин).

5. Пролив

1. Название.
2. В какой части материка.
3. Какие территории разделяет и акватории соединяет.
4. Наименьшая ширина.

6. Равнина

1. Название.
2. Положение на материке.
3. Положение относительно соседних геоморфологических систем (с такой-то стороны окаймляется тем-то).
4. Конфигурация.
5. Размеры по широте и долготе.
6. Преобладающие высоты (по шкале высот).
7. Максимальные высоты (по отметкам), впадины.
8. Общий наклон равнины, ложбины стока.
9. Описание профиля по важнейшим направлениям (полого поднимается в таком-то направлении, круто падает в таком-то).
10. Степень пересеченности эрозионной сетью (речными долинами, балками).
11. Хозяйственная оценка рельефа.

7. Горная система

1. Название.

2. Положение на материке или его части.

3. Положение относительно соседних геоморфологических систем.

4. Общая ориентировка.

5. Строение системы: хребты, отроги, их направление в различных частях, межгорные понижения (долины, впадины).

6. Крутые и пологие склоны.

7. Преобладающие высоты в разных частях.

8. Максимальные и минимальные высоты. Перевалы.

9. Описание профиля по важнейшим направлениям.

10. Эрозионная сеть.

11. Хозяйственная оценка рельефа.

8. Река

1. Название. 2. Исток, устье. 3. Густота речной системы. Главные притоки. 4. К бассейну какого океана, моря или бессточного озера относится. 5. Очертить границы речного бассейна. 6. Геоморфологические области, занимаемые речным бассейном. 7. Общая длина главной реки. 8. Направление течения в разных участках. 9. Длина судоходной части. 10. Описание устьевой части реки (дельта, лиман, эстуарий). 11. Общая хозяйственная оценка реки.

И. С. Фролов
Доцент, кандидат физико-математических наук

ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВОДЫ В ОБЛАСТИ МЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Введение

Одними из важнейших характеристик жидкого диэлектрика являются диэлектрическая постоянная и показатель преломления. Диэлектрическая постоянная в действительности не является величиной постоянной. Она зависит от длины электромагнитной волны, температуры и величины приложенного электромагнитного поля. Форма и характер этой зависимости обусловливаются строением жидкости.

Установлено, что многие жидкие диэлектрики дают уменьшение диэлектрической постоянной с ростом частоты и, одновременно, увеличение электропроводности и поглощения. Это явление носит название аномальной дисперсии и аномальной абсорбции. При переходе от длинных волн к метровым и ниже, вещества до известной степени теряют диэлектрические свойства.

Поведение диэлектриков в полях высокой частоты имеет не только теоретический интерес. В последние годы ультракороткие волны находят все более и более широкое применение на практике. Достаточно указать на применение их в технике, в медицине, в сельском хозяйстве для облучения семян и растений и т. д.

Исследованием электромагнитного спектра в жидкостях начали заниматься с конца XIX в. Однако, несмотря на большую давность, эта проблема актуальна и теперь. До настоящего времени еще нет удовлетворительной теории жидких диэлектриков. Отсутствие такой теории объясняется, прежде всего, тем, что мы не располагаем в достаточном количестве экспериментальным материалом для построения более или менее исчерпываю-

щей теории, как это отмечают теоретики Френкель (1), Дебай (2) и др.

Наиболее интересной областью электромагнитного спектра является область от метровых волн и короче, в которой диэлектрическая постоянная переходит от статических значений к значениям, равным квадрату оптического показателя преломления.

В настоящей работе произведено исследование хода показателя преломления воды в метровом диапазоне.

Часть первая

Теории дисперсии и обзор экспериментальных работ по дисперсии электромагнитных волн в жидких диэлектриках

ГЛАВА I

Теории дисперсии электромагнитных волн

§ 1. Дисперсия в оптической части спектра

Известно, что сложный луч, например, белый, идя из воздуха в какое-либо прозрачное вещество, дает расходящийся пучок лучей различных цветов, для которых показатель преломления «n» разный. Это распадение сложного луча при преломлении на отдельные составные лучи называется дисперсией света.

Из видимых лучей в прозрачных телах наибольшее отклонение от первоначального направления имеют лучи фиолетовые и наименьшее — красные. При этом показатель преломления непрерывно возрастает с уменьшением длины волны λ и уменьшается с увеличением λ. Это — нормальный ход показателя преломления и его называют нормальной дисперсией.

Всякое тело имеет нормальную дисперсию только для тех участков спектра, для которых оно прозрачно, т. е. когда проходящие волны по своей длине отличаются от тех, которые оно поглощает. По мере приближения со стороны коротких волн к линии или полосе поглощения показатель преломления быстро уменьшается и при прохождении через полосу поглощения n резко возрастает и достигает ненормально больших значений при длинах волн, близких к поглощаемым, но более длинных. Затем с увеличением длины волны λ он опять будет падать, как

и при нормальной дисперсии. Участок кривой, выражающей зависимость n от λ, в котором показатель преломления возрастает с увеличением длины волны, называется областью аномальной дисперсии.

Аномальная дисперсия всегда сопровождается резким увеличением поглощения. Вообще эти два явления всегда сопутствуют друг другу. С явлениями дисперсии и поглощения связан метод спектрального анализа.

Классическая теория показывает, что аномальная дисперсия имеет место в тех областях электромагнитного спектра, где период внешних колебаний совпадает с периодом собственных колебаний молекул или атомов вещества.

§ 2. Явления дисперсии в жидкостях

Всякое вещество для некоторых длин электромагнитных волн является непрозрачным и, следовательно, в этой и соседней областях спектра оно будет обладать аномальной дисперсией.

Поведение вещества в переменных электромагнитных полях можно охарактеризовать диэлектрической постоянной (Д П) ε, проводимостью σ, показателем преломления n и показателем абсорбции k. Между этими величинами, согласно теории Максвелла, существуют соотношения (3):

$$n^2(1-ik)^2 = \varepsilon\mu,$$

$$n^2(1-k^2) = \varepsilon_1\mu,$$

$$n^2 k = \mu\sigma T,$$

где μ — магнитная проницаемость среды,

σ — электропроводность среды,

T — период колебаний электромагнитных волн,

k — коэфициент абсорбции,

nk — коэфициент поглощения,

n — показатель преломления,

ε — обобщенная ДП,

ε_1 — действительная часть ДП,

$i = \sqrt{-1}$.

Для идеального диэлектрика коэфициент абсорбции k = O, и поэтому $n^2 = \mu\varepsilon$.

Теория Максвелла не могла объяснить аномальную дисперсию и абсорбцию в жидкостях.

Для объяснения аномальной дисперсии и абсорбции в области электромагнитных волн Друде (4) вначале предложил теорию молекулярных резонаторов, аналогичную теории дисперсии в оптической части спектра. Согласно этой теории молекулярные резонаторы должны иметь большие собственные периоды колебаний, что противоречит действительности.

Затруднения первой теории дисперсии, основанной на допущении резонаторов с большими собственными периодами колебаний, были до некоторой степени устранены в другой теории Друде, рассматривающей диэлектрик как среду с малыми проводящими частицами и допускающей существование резонаторов с периодами, лежащими в области высоких частот, т. е. далеко от полосы дисперсии.

Обе теории дисперсии Друде не в состоянии объяснить температурную зависимость ДП, а также значительный спад ДП при переходе от длинных волн к оптической части спектра.

Вопросы о природе явлений дисперсии и абсорбции в области электромагнитного спектра получили дальнейшее развитие в теории поляризации жидких диэлектриков Клаузиуса-Мосотти (5) и Лоренца(6).

Они представляли диэлектрик в виде непроводящей среды, заполненной проводящими шариками. В электрическом поле происходит смещение зарядов противоположных знаков внутри отдельной молекулы, в результате чего образуется дипольный момент; такая поляризация называется упругой.

Теория Клаузиуса-Мосотти и Лоренца не могла также объяснить больших значений ДП некоторых веществ и значительного спада величины ДП при переходе от метровых и дециметровых волн к оптической части спектра.

Новое освещение природы жидких диэлектриков дано Дебаем (7).

Опытным путем установлено, что ДП для одних газов не зависит от температуры (H_2, N_2, CO_2, CH_4 и др.), а для других (H_3,HCL, вода, спирты и т. д.) уменьшается с возрастанием температуры. На этом основании первые молекулы относят к 1-му классу, а вторые — ко 2-му классу.

В некоторых молекулах заряды распределены несимметрично и при отсутствии внешнего электрического поля. Поэтому центры положительных и отрицательных зарядов не совпадают, и молекула имеет постоянный электрический дипольный момент; такая молекула называется полярной (жестким диполем). В этом случае во внешнем электрическом поле поляризация диэлектрика будет обусловливаться как деформацией молекул (упругая поляризация), так и ориентацией готовых диполей. Сначала он применил свою теорию для объяснения зависимости ДП от температуры, а затем и для объяснения дисперсии и аномальной абсорбции.

Во внешнем электрическом поле оси всех жестких диполей устанавливаются в направлении поля, и кроме того, в молекулах возникает упругая поляризация. Следовательно, результирующий электрический момент молекулы будет складываться из постоянного момента и индуцированного. Однако, ориентации постоянных диполей в электрическом поле мешает тепловое движение молекул, зависящее от температуры. Тепловое движение, возрастая с температурой, уменьшает ориентацию молекул, и при высоких температурах оно практически уничтожает эту ориентацию. При этом вся поляризация сводится к деформационной части.

Для молекул 1-го класса ориентационный эффект равен нулю, т. е. поляризация не зависит от температуры.

Теория Дебая не учитывает взаимодействия соседних молекул и предполагает свободное вращение диполей. Вследствие этого она справедлива для газов и разбавленных полярных растворов в неполярных растворителях, когда диполи будут достаточно разделены друг от друга неполярными молекулами.

Применение теории Дебая к жидкостям не дает верных результатов (8).

В новой теории Дебая (9) учитывается взаимодействие молекул дипольной жидкости.

В 1939 г. появилась работа Кирквуда (10), в которой изложена теория более общая и более точная, чем предыдущие.

Поведение жидких диэлектриков в полях высокой частоты получило широкое освещение в монографиях Дебая (2, 11).

Свою теорию поляризации дипольных жидкостей в постоянных полях он распространил на случай слабых переменных электрических полей путем применения Эйнштейновской теории вращательного броуновского движения к вращательному движению молекул.

Дебай связал полярность молекул с аномальной дисперсией и абсорбцией в области электромагнитных волн, состоящей в уменьшении ДП с увеличением частоты поля для сравнительно длинных волн. По его теории аномальная дисперсия и абсорбция в области высоких частот может существовать лишь для веществ с полярными молекулами. В таких веществах внешнее электрическое поле вызывает деформацию молекул и ориентацию жестких диполей. Эта ориентация диполей зависит от частоты поля, интенсивности теплового движения, вязкости и свойств молекул. Для жидкостей с не очень большой вязкостью дисперсия ДП соответствует электрическим волнам с длиною волны в несколько сантиметров.

Вследствие этого в оптической области частот ДП зависит только от деформации молекул и определяется она по формуле $n^2 = \varepsilon$, где ε — диэлектрическая постоянная, а n — показатель преломления света.

Большие значения ДП почти всегда объясняются наличием ориентируемых полярных молекул. Дебай (12) говорит, что 95% диэлектрического действия большинства веществ объясняются ориентационным эффектом и только 5% — являются результатом деформации молекул.

На основе большого экспериментального материала по исследованию структуры жидкостей, полученного разнообразными методами, Дебай (13, 14) предложил новую теорию о квази — кристаллической структуре жидкости, в которой учитываются связи между молекулами.

В работах Френкеля (15, 16) также указывается на кристаллообразную структуру жидкости.

Развивая свою теорию, Дебай совместно с Раммом (17) применили идею локального поля и к случаю переменного внешнего поля.

Однако, как отмечает Френкель (1): «вопрос о механизме диэлектрических потерь в дипольных жидкостях пока следует считать совершенно открытым» (стр. 119).

ГЛАВА II

Обзор экспериментальных работ по дисперсии электромагнитных волн в жидких диэлектриках

Исследованию электрических спектров жидких диэлектриков посвящено много работ. Эти исследования дисперсии и абсорбции в жидкостях можно классифицировать в исторической последовательности на три группы.

§ 1. Работы с сильнозатухающими колебаниями

К первой группе относятся более ранние исследования с сильнозатухающими колебаниями, в которых применялись разнообразные методы измерений. В этих работах в большинстве случаев лишь констатировали по отдельным точкам наличие аномальной дисперсии в жидкостях, в том числе и в воде. К данной группе относятся работы Друде (4, 18, 19, 20, 21), в которых он по методу проволок для длин волн 73—75 см с точностью до 2% дает опытный материал и указывает, что аномальные свойства, повидимому, связаны с присутствием в молекулах определенных групп атомов — гидроксильной OH и частично NH_4 и CH, и других исследователей.

Кулидж (22) измерил ДП и коэфициент абсорбции ряда органических соединений и воды для длины волны в 147 см.

Во всех этих ранних работах было установлено аномальное поведение некоторых жидкостей в области электромагнитного спектра. Вследствие трудности получения в то время устойчивых и интенсивных волн, эти работы ограничивались чаще всего измерением показателя преломления или коэфициента абсорбции для небольшого числа точек. По этим исследованиям трудно было составить определенное представление о свойствах диэлектрика в электромагнитном поле, так как результаты отдельных авторов невозможно было сравнивать.

§ 2. Работы с слабозатухающими колебаниями

А. Р. Колли (23, 24) первый провел систематические исследования электромагнитного спектра в жидких диэлектриках с помощью слабозатухающих волн.

Введя в первый метод Друде важные изменения, Колли разработал метод получения стабильных слабозатухающих электромагнитных волн, который дал ему возможность легко менять длину волны. Колли измерил показатели преломления воды, толуола, бензола, ацетона, этилового спирта в области длин волн 30—90 см с точностью до 0,1 %. Результаты его измерений показали сложное строение спектра воды: участки дисперсии чередовались с участками, состоящими из большого числа узких полос, в которых изменение показателя преломления достигало 2—3 %. Колли впервые наблюдал существование узких полос аномальной дисперсии в электрическом спектре жидкостей, подобных полосам дисперсии в оптической части спектра.

Исследования Колли продолжали его ученики Оболенский (25), Иванов (26) и другие.

Иванов исследовал спектр воды в области длин волн 60—124 см. Внутри обнаруженной им дисперсионной полосы 56,3—57,1 см он исследовал зависимость показателя преломления воды от температуры. С повышением температуры полоса дисперсии становилась менее глубокой и при температуре около 60° совсем исчезала.

Рукоп (27), исследовавший электрический спектр воды в области волн 20—65 см, и Рукерт (28), исследовавший спектр в области 57—250 см, не обнаружили аномальную дисперсию в электрическом спектре воды.

Вейхман (29) исследовал дисперсию в воде в области длин волн 27—65 см по первому методу Друде и обнаружил в этом диапазоне три узкие полосы аномальной дисперсии.

Франкенбергер (30), исследовавший спектр воды, не обнаружил аномальной дисперсии в двухметровом диапазоне.

Алимова (31) исследовала воду в области длин волн 220—290 см, в ее работе аномальная дисперсия не обнаружена.

Результаты исследований дисперсии электромагнитных волн в дециметровом и метровом диапазонах со слабозатухающими колебаниями оказались противоречивыми. У Колли, Иванова, Вейхмана были обнаружены полосы аномальной дисперсии в жидкостях, в работах же Рукопа, Рукерта и др. эти полосы не обнаружены. В работах со слабозатухающими колебаниями вре-

менное затухание все же сказывается, и сама методика сложна.

Последующие исследования дисперсии и абсорбции жидкостей производились с помощью незатухающих электромагнитных волн, методика получения которых была к тому времени разработана.

§ 3. Работы с незатухающими колебаниями

Шермецинская (32), применяя метод Баркгаузена-Курца в вертикальной системе Лехера, получила для воды ДП=81,6 при длине волны λ=34,4 см. Присутствие поваренной соли в воде не изменяло ДП, а только увеличивало затухание.

Соутсворт (33) систематически исследовал диэлектрические свойства воды. На участке длин волн 124—276 см он получил девять точек при температуре 20°С. По его измерениям среднее значение показателя преломления в этой области равнялось 8,88 $\pm$ 0,04.

В этих и других работах значение показателя преломления получено лишь для нескольких длин волн с точностью около 1%. Этого материала безусловно недостаточно для выяснения хода дисперсии.

Таким образом, возникла потребность в систематическом изучении электромагнитного спектра жидкостей с помощью незатухающих дециметровых и метровых волн.

Важные результаты в этом направлении получил Н. С. Новосильцев, разработавший методику прецизионных измерений показателя преломления по первому методу Друде и развивавший работы Колли по дисперсии метровых и дециметровых электромагнитных волн в жидкостях.

Измерения Новосильцева (34) в воде в области длин волн 220—300 см, Новосильцева и Алимовой (35) в области 300—360 см, Голоушкина (36) в области 360—420 см, Богословского, Жевержеевой и Лысенко (37) в области 439—471 см, Новосильцева (38) в области 123,6—169,2 см, Новосильцева (39) в области 112 — 124 см показали отсутствие аномальной дисперсии в воде в указанных областях спектра. Все эти исследования выполнены по одному методу с точностью отдельного измерения показателя преломления до 0,1—0,2%.

Гусев (40) с помощью магнетронного генератора по первому методу Друде исследовал ход показателя преломления электромагнитных волн в воде в области 47—71,5 см. Эта область особенно интересна тем, что в ней многими исследователями была обнаружена аномальная дисперсия в воде. Он получил 76 значений показателя преломления, с точностью отдельного измерения до 0,3%. Среднее значение показателя преломления воды из приведенных к 17° равно 9,010. Результаты измерений Гусева также указывают на отсутствие аномальной дисперсии в исследованной им области спектра воды.

Дивильковский и Маш (41) измерили дисперсию и абсорбцию в тяжелой и обычной воде в метровом диапазоне.

Укажем на некоторые из работ, выполненных другими методами.

Мицушима (42) резонансным методом измерил дисперсию и абсорбцию спиртов, глицерина и некоторых других органических жидкостей при длинах волн в 3,08 м, 9,5 м, 50 м в температурном интервале от +60° до — 60°С. Точность измерений не указана.

Арденне, Гросс и Оттербайн (43) исследовали дисперсию в воде первым методом Друде в области 13,45—56,7 см.

Часть вторая

Измерение показателя преломления воды в области полуволн от 2095 до 2202 мм и от 2344 до 2591 мм

ГЛАВА III

Метод измерения показателя преломления воды и описание установки

§ 1. Метод измерения показателя преломления

Из всех существующих методов измерения показателя преломления наиболее подходящим в метровой области электромагнитного спектра является первый метод Друде стоячих волн в проволоках. Это — абсолютный метод, дающий большую точность.

В налаженной установке вести измерения можно очень быстро. Простота операций при измерениях и не-

сложность обработки результатов позволяет быстро накоплять экспериментальный материал. Однако, к недостаткам этого метода следует отнести необходимость иметь большое количество жидкости.

Мы пользовались первым методом Друде, видоизмененным Н. С. Новосильцевым (34, 35). Благодаря этому отпадает потребность устанавливать границу жидкости относительно первого узла и устраняется соответствующий источник ошибок.

Следует заметить, что при использовании этого метода иногда получаются неправильные стоячие волны в проволоках. Поэтому, чтобы получить надежные результаты, установка для измерений должна быть тщательно налажена и проверена.

Применение метода, в котором обычно измеряется диэлектрическая постоянная (ДП) исследуемого вещества, помещенного в конденсатор резонансного контура, нецелесообразно в метровой области. Дело в том, что при переходе от длинных волн, где электрические методы удобны для применения, к метровым — возникают значительные осложнения, обусловленные влиянием паразитных емкостей и индуктивностей, которые содержат в себе многочисленные источники ошибок. Кроме того, в ультракоротковолновой области трудно измерять токи и напряжения.

§ 2. Общее описание установки

Для измерения показателя преломления нами была построена установка, общий вид которой представлен на рис. 1. Она состоит из двух лехеровских систем, расположенных друг относительно друга под прямым углом. Одна из них (1) служит для измерения длины волны в воздухе, другая (2) —в воде. Обе системы возбуждались от одного генератора «Г» путем индуктивной связи.

Приборы для управления и контроля питания были установлены на столике «А», удаленном от лехеровских систем и генератора на расстоянии в несколько метров.

Из других деталей установки отметим следующие: «Б»—осветительное приспособление, «В» — гальванометр, «Д»—шкала, «Е»—зеркало.

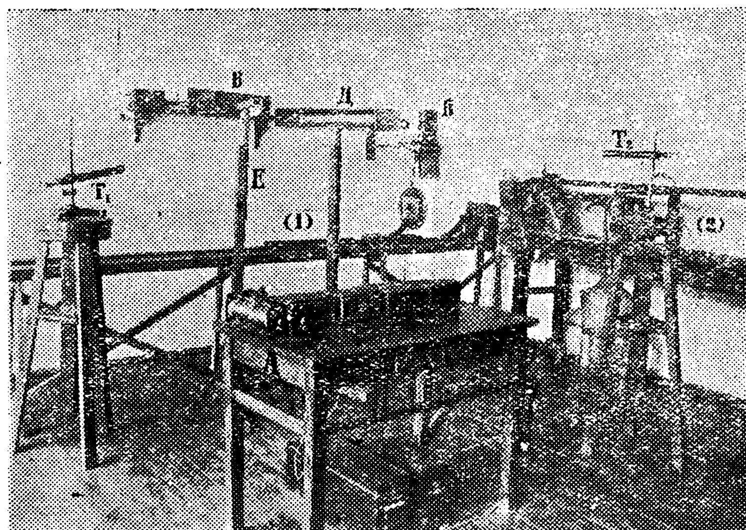


Рис. 1. Общий вид установки.

§ 3. Генератор

Для исследования дисперсии электромагнитных волн необходим генератор, удовлетворяющий требованиям: он должен давать возможность плавно менять длину волны, легко и быстро настраиваться на любую заданную длину волны и сохранять ее неизменной в течение всего времени измерений в воздухе и в жидкости.

Этим условиям удовлетворял генератор, построенный по схеме (см. рис. 2) с распределенными параметрами на двух лампах ГКВ—4.

Плавное изменение длины волны достигалось с помощью раздвижного плоского конденсатора С, емкостью около 5 см, включенного в анодную цепь.

Для больших изменений длины волны можно было менять площадь витков в анодной и сеточной цепях. Кроме того, концы контурных катушек могли перемещаться в латунных трубках, что позволяло при надобности быстро производить полную замену катушек для перехода к другому участку диапазона.

В целях перекрытия нужного нам диапазона пришлось иметь два комплекта контуров в цепях анода и сетки.

Таблица № 1

Диаметр проволоки в мм	Число витков	Диаметр витков		Участок диапазона в м
		Аноднн. в см	Сеточн. — в см	
3	3	7	5	3—4,5
3	3	9	8	4—6

1. Контур генератора располагался в плоскости проволок лехеровских систем. Он сделан из медных проволок диаметром 3 мм.

2. Поверхности проволоки поддерживались всегда блестящими, благодаря чистке по временам пастой ГОИ.

Питание накала производилось от аккумуляторов емкостью в 60 ампер-часов, соединенных параллельно по две группы с общим напряжением 8 в. В цепи накала каждой лампы шел ток силою в 1,6 А.

Анодное напряжение около 500 в. брали от кислотных аккумуляторов емкостью в 3 ампер-часа.

За аккумуляторами был установлен тщательный уход, так, что при непрерывной работе генератора в течение 8 часов регулировать его питание приходилось мало. За постоянством тока накала следили по амперметрам, включенным в цепь каждой лампы, регулировка его производилась с помощью реостатов. В течение измерений точки (около 20 минут) режим питания оставался неизменным.

В генераторе указанной схемы дроссели в цепях анода и сетки, как известно, большой роли не играют при правильном выборе точек включения для питания. Однако, в цепи питания, особенно в накальную, колебания могут попадать не только за счет гальванической связи, но также и по индукции через поле. При наличии возможности резонанса в ближайших к генератору частях это может вызвать ряд осложнений. Поэтому с утечкой колебаний высокой частоты в цепь накала приходится считаться. Для устранения этого явления был включен блокировочный конденсатор C_1 емкостью в 4 μ F, служивший своего рода мостом, перемещением которого по проводам накала они пропадали в части, приле-

Рис. 2 Схема генератора УКВ

гающей к генератору, и получалась хорошая защита. Этот способ устранения утечки был предложен Новосильцевым (39). Дальше все подводящие провода были заэкранированы. Заметим, что просто ставить экран близко от контура по ряду причин не следует.

Стабильность работы генератора и, следовательно, постоянство длины волны его зависит от постоянства тока накала, анодного напряжения и надежности контактов. Наблюдения показали, что при увеличении силы тока в цепи накала ламп длина волны λ не сразу увеличивалась, при уменьшении тока накала λ уменьшалось.

Изменения анодного напряжения сказываются меньше на постоянстве λ. При этом с увеличением анодного напряжения λ моментально уменьшалась и, наоборот, увеличивалась с уменьшением анодного напряжения.

Устойчивость работы генератора контролировалась двумя способами. Первый способ состоял в следующем: мы несколько раз определяли положение моста в первом узле воздушной системы (1) для $\frac{\lambda}{2} = 2154{,}5$ мм в течение двух часов в разнообразных условиях. Положение узла в пределах точности отсчета не меняется, что видно из таблицы № 2.

Во втором способе мы устанавливали отклонение гальванометра на полмаксимуме резонансной кривой 1-го узла и следили за положением «зайчика» на шкале. На протяжении 2-х часов смещение «зайчика» не превышало 3 мм от среднего положения (см. таб. № 3), что, судя по крутизне резонансной кривой, дает изменение длины волны не больше 0,1 мм, т. е. значительно меньше точности отсчета.

Связь генератора с лехеровскими системами была слабая. Он находился от передней стенки ванны на расстоянии 7 см, а от входного моста водяной системы на расстояния 10,6 см. Слабая связь обеспечивала синусоидальность колебаний в приемном контуре и устраняла возможность появления добавочных частот связи.

Длина заданной волны сначала измерялась в воздухе, затем, с помощью переключателя «П», гальванометр, ранее соединенный с воздушной термопарой, соединялся с термопарой, находящейся в системе с жидкостью, и при этом измерялась длина волны в жидком диэлектрике; после этого производился контрольный отсчет длины волны в воздухе.

Затем изменением емкости конденсатора С устанавливалась новая волна, длина которой измерялась также.

Энергии было очень много, генератор работал при неполном накале ламп и при минимальном анодном напряжении (500 в.). Генератор специально не экранировался, прибегать к помощи фидера не приходилось.

Таблица № 2

Устойчивость работы генератора

Время отсчета	Расстояние 1-го узла от нуля шкалы в мм	Примечание
1	2	3
20/1—1940 г.		$\frac{\lambda}{2} = 2154{,}5$ мм
17 час.	2154,6	Отсчеты отклонений гальванометра непосредственно на глаз при обычном положении наблюдателя
17 ч. 30 м.	2154,8	Отсчеты в трубу издали
18 ч.	2154,5	При обычном положении наблюдателя
19 ч.	2154,2	„ „ „ „

Таблица № 3

Время отсчета	Отклонения гальванометра в 1-м узле в мм	Примечание
1	2	3
10|II—1940 г.		
16 час.	153 (полмаксимума)	Ia=29 мА, Ua=460 в
16 ч. 30 м.	154 »	$Iн_1$=1,65 А, $Iн_2$=1,64 А
17 час.	156 »	
17 ч. 30 м.	153 »	
18 час.	150 »	

§ 4. Лехеровская система для измерения длины волны в воздухе

Измерение длины волны в воздухе производилось на специальной лехеровской системе, показанной на рис. 3. На скамье 1, длиною в 5,5 м, натянуты с помощью растяжек две параллельные медные проволоки диаметром 1,5 мм на расстоянии друг от друга в 20 мм. Со стороны генератора эти проволоки проходили через входной мост в виде прямоугольной медной пластинки, размером 70x33x2,4 мм; с противоположной стороны системы они разомкнуты. Второй — подвижной мост — представлял вертикальный диск из точеной латуни толщиной 3 мм и диаметром 30 см, он был хорошо отполирован и имел два отверстия для проволоки.

Подвижной мост М прикреплен к ползушке «З», которая могла перемещаться вдоль основной ползушки «И» длиной в 1,15 м. Такая двойная ползушка обеспечивала перпендикулярность плоскости моста и проволок. Перемещением всей ползушки от руки мост ориентировочно устанавливали в любом месте лехеровской системы. Для плавной и точной установки моста в максимуме при резонансе имелся микрометрический винт «К», с помощью которого перемещалась ползушка «З» вместе с мостом по основной части ползушки.

Скамья от стены удалена на расстоянии 0,9 м и от пола на 1,2 м.

Положение моста в узлах определялось с помощью

стальной ленты, укрепленной на рейке «О» скамьи (1), по которой ходила ползушка с подвижным мостом; десятые доли мм отсчитывались на глаз.

Проволоки Лехера располагались от измерительной стальной ленты на высоте 22 см.

Положение моста в узлах напряжения стоячих волн обнаруживалось индикатором, представлявшим из себя термопару медь-константан, шунтированную конденсатором. Витки индикатора располагались ниже проволок лехеровской системы, приблизительно на 10 мм, и были индуктивно связаны с ними. Индикатор отстоял от начала системы на расстоянии 12 см. Он мог менять

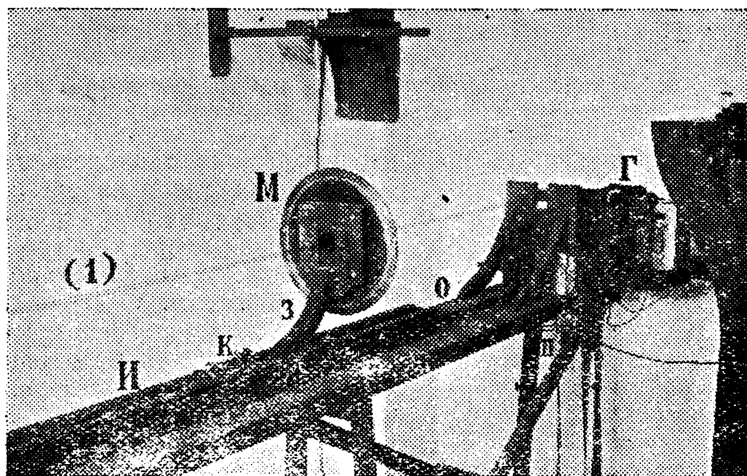


Рис. 3. Воздушная лехеровская система

свое положение и по вертикали и по горизонтали. При измерениях он оставался неподвижным на определенном месте.

Индикатор освинцованным кабелем соединен с зеркальным гальванометром «В» системы Ф. И. ЛГУ чувствительностью $14{,}4 \cdot 10^{-9}$ А, с внутренним сопротивлением 39 ом и периодом 3,5 сек.

Мы пользовались объективным отсчетом при расстоянии шкалы от гальванометра в 2 м.

В первом узле отклонения гальванометра по шкале

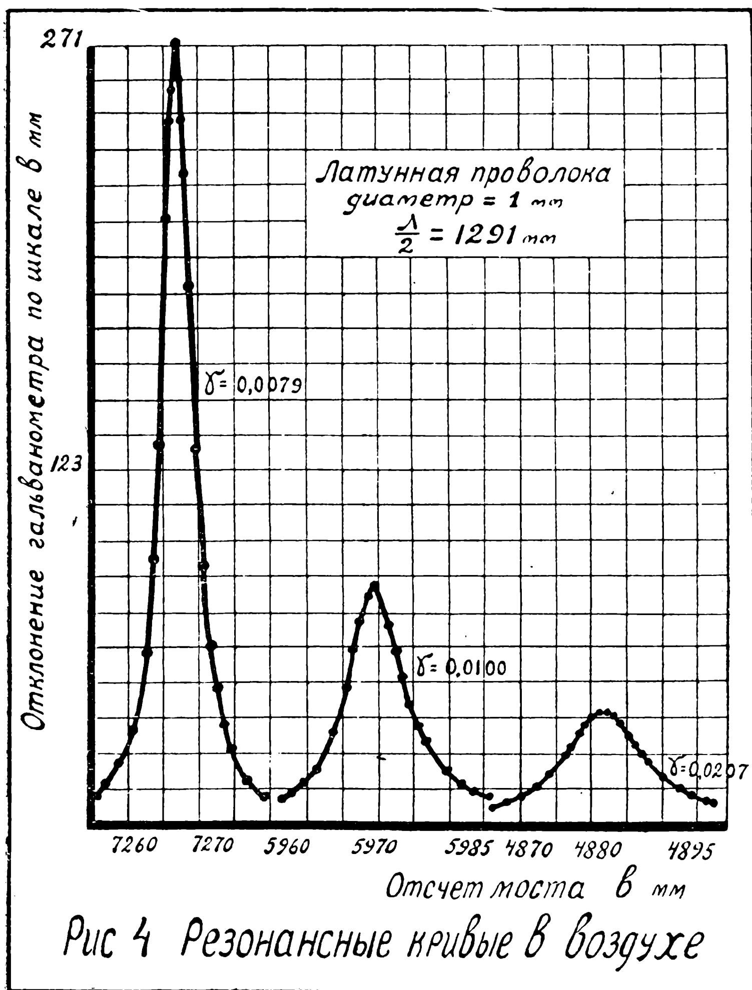


Рис 4 Резонансные кривые в воздухе

отсчитывались непосредственно на глаз, в остальных — с помощью отсчетной трубы «T_1» (см. рис. 1).

В воздухе резонансные кривые (см. рис. 4) получались настолько острые, что положение моста в узлах системы могло быть определено по максимуму отклонения с точностью до 0,2 мм.

Длина полуволны генератора определялась как средняя из отдельных значений полуволны, полученных из разности отсчетов положения моста в I и II, II и III узлах. В большинстве случаев длина полуволны в воздухе определялась по 2-м узлам с точностью до 0,5 мм.

Окисление поверхности проволок, как показывает опыт, может быть причиной заметного смещения узлов. Поэтому, проволоки всегда поддерживались в чистоте при помощи пасты ГОИ.

§ 5. Лехеровская система для измерения длины волны в жидкостях

Вслед за измерением длины полуволны в воздухе измерялась при той же частоте длина полуволны в жидкости на второй лехеровской системе «2» (см. рис. 5). Последняя состояла из двух параллельных латунных проволок диаметром в 1 мм, удаленных друг от друга на расстоянии 20 мм, проходящих вдоль ванны для жидкости и натянутых на специальной скамье длиною в 2 м. Со стороны генератора проволоки проходили через входной мост M_1, который представлял вертикальный латунный диск диаметром 9 см, толщиною 2,8 мм.

На обратной стороне диска, обращенной к генератору, мост имел скобки, при помощи которых натяжением проволок он удерживался на стеклянном бруске толщиной 1,5 см. Входной мост находился от переднего края ванны на расстоянии 3,6 см. Внутри далее проволоки проходили сквозь подвижной мост M_2 таких же размеров, как и входной, и отверстия в задней стене ванны, которые после натяжения проволок замазывались парафином. Ванна располагалась неподвижно относительно проволок системы.

Такое устройство системы, введенное Новосильцевым (34), избавляет от необходимости устанавливать границу жидкости в первом узле, как это имело место в первом методе Друде.

Подвижной мост в воде M_2 был прикреплен к ползушке «Т», с помощью которой он перемещался вдоль проводов. Ползушка имела длину 204 см. К ней, кроме моста M_2, были прикреплены индикатор «У», нониус с ценою деления 0,02 мм и для точной установки моста в узлах на конце ее установлен микрометрический винт. Большая длина ползушки исключает влияние самого наблюдателя на волны в проволоках.

Индикатор в системе для жидкости (см. рис. 5) был такого же типа, как и в воздушной системе. Его термопара и блокировочный конденсатор находились внутри стеклянной трубки, а контур для связи с лехеровской системой через пробку внизу трубки, залитую парафином, выведен наружу. Таким образом, оба проволочных контура находились в исследуемой жидкости, у нас они располагались выше проволок лехеровской системы на 2—5 мм. Индикатор был укреплен от подвижного моста на расстоянии 1 см и перемещался вместе с ним.

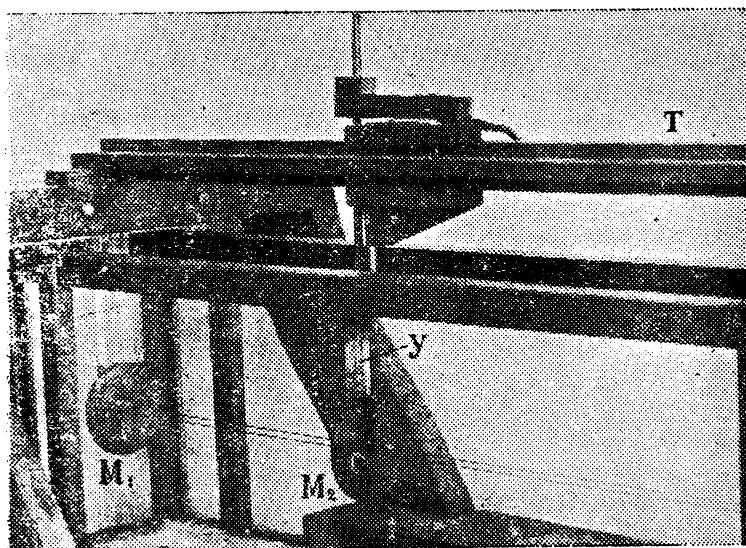


Рис. 5. Лехеровская система для жидкости. Ванна и мосты.

Переключатель «П» позволял использовать при измерениях в воде тот же гальванометр, освстительное приспособление и шкалу, при помощи которых велись измерения волн в воздухе. Положение зайчика на шкале можно было наблюдать через трубу T_2 благодаря дополнительному зеркалу «Е» с того места, где находится наблюдатель при измерениях в жидкости.

Отсчет моста в узлах производился по стальной линейке «ав» длиною в 73 см, укрепленной неподвижно на стойках измерительной системы; по этой линейке ходил нониус. Отсчеты по нониусу велись через лупу.

Вид подвижного моста и индикатора см. на рис. 5.

Ванна для жидкости, размером 94x29x18 см, была собрана из листового стекла, толщиной 2 мм на резиновых прокладках вдоль ребер и стянута снаружи деревянным каркасом. Проволоки располагались от дна ванны на высоте 13 см.

Ванна была взята достаточно больших размеров по сравнению с применявшимися длинами волн и расстоянием между проволоками, и можно было предполагать, что волны в ней будут распространяться как в безграничном диэлектрике. Однако, при этом мы убедились на опыте, как и другие авторы, что и в ванне больших размеров создаются пространственные волны, искажающие волны вдоль проводов, т. е. приводящие к неправильному распределению энергии в узлах, неравенству отдельных полуволн и искажению формы резонансных кривых.

Новосильцевым (39) показано, что водяной параллелепипед емкостью в 10—40 л может иметь много собственных частот в метровом диапазоне. Вследствие этого распространение волн в проволоках нельзя описывать телеграфным уравнением с правой частью равной нулю.

Новосильцевым также установлено, что указанные выше искажения обусловлены не обертонами генератора, а интерференцией пространственных волн в ванне со стоячими волнами в проводах.

В связи с этим он дал графический метод расчета размеров ванны, в которой объем диэлектрика не может иметь собственных частот в заданной области.

Новосильцев указывает, что это искажающее влия-

ПРОТОКОЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В ВОДЕ

Таблица № 4.

Дата	Отклонение гальванометра и положение узлов в воздушной системе в мм				Длина полуволны в воздухе в мм	Отклонение гальванометра и положение узлов в водяной системе в мм						Длина полуволны в воде в мм	Максим. отклонен. от сред. значен. в воде в мм	Показатель преломления n_{t0}	Температура t^0C	Привед. к $17^0,0$ значения п. пр. $n_{17,0^0}$	Примечание
	1 узел		2 узел			1 узел		2 узел		3 узел							
	г	м	г	м		г	м	г	м	г	м						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
23/1—1940 г.	319	16454,9	114	14353,6	2101,3	70	407,4	24	175,7	16	174,7	232,76	0,16	9,034	15,7	9,007	$U_a = 410$ в.
						126	406,0	35	173,4	24	170,6	232,44					$I_a = 28$ м А
						70	404,7	24	170,7	16	167,2	232,60					Электропроводн.
							406,03		173,27		170,83						6,8. 10^{-6}
9/II	323	16445,4	116	14334,9	2110,5	80	405,8	30	172,7	20	175,8	234,63	0,08	8,994	16,8	8,990	
						142	404,4	45	169,8	30	165,3	234,47					
						80	403,0	30	166,8	20	154,8	234,55					
							404,40		169,77		165,30						
10/II	345	16430,2	129	14304,0	2126,2	97	403,7	44	168,0	35	164,0	236,73	0,33	8,994	17,3	9,000	
						154	402,4	58	165,9	43	159,6	236,07					
						97	401,1	44	163,1	35	155,2	236,40					
							402,40		165,67		159,60						
14/II	326	16364,0	118	14169,7	2194,3	93	394,0	36	152,7	28	140,2	243,80	0,14	9,005	17,7	9,020	Электропроводн.
						164	393,5	56	149,4	36	135,7	243,53					9,8. 10^{-6}
						93	392,1	36	146,1	28	131,7	243,67					
							393,20		149,40		135,9						
17/II	400	16208,0	143	13860,8	2347,2	157	379,65	58	122,2	45	94,03	259,43	0,02	9,048	15,4	9,015	
						250	378,30	82	119,4	58	89,10	259,37					
						157	377,00	58	116,7	45	83,95	259,40					
							378,32		119,43		89,03						
22/II	342	16037,8	128	13521,2	2516,6	168	358,90	34	83,6	24	26,5	278,45	0,15	9,033	16,4	9,021	
								»	77,3	»	36,9	278,75					
									80,45		31,70	278,60					
26/II	348	16026,1	131	13499,5	2526,6	283	357,10	53	79,00	42	28,0	280,63	0,22	8,996	17,5	9,008	Электропроводн.
								»	73,94	»	22,8	281,07					11,7. 10^{-6}
									76,47		25,40	280,85					

ние иногда имеет место и в том случае, когда форма отдельных резонансных кривых выглядит нормально.

Поэтому критерием чистоты волн в проволоках являются симметричная форма резонансных кривых, а также правильное распределение энергии в узлах, т. е. закономерное убывание энергии от узла к узлу и равенство расстояний между несколькими соседними узлами.

Мы достигали получения правильных стоячих волн в проволоках системы с жидкостью путем применения экранировки ванны в начале системы со стороны генератора. Экраном служил прямоугольный лист из фольги размерами 70x70 см с вырезанным окном против входного моста. При этом возбуждалась только лехеровская система и притом на коротком участке, прилегающем к входному мосту. Кроме экранировки ванны, приходилось подбирать надлежащую высоту жидкости в ванне.

Часть наших измерений в воде в более длинной области волн выполнена без экранировки ванны. Оказалось, что здесь «чистые» волны могли быть получены одним подбором соответствующей высоты жидкости в ванне, т. е. при определенном объеме диэлектрика.

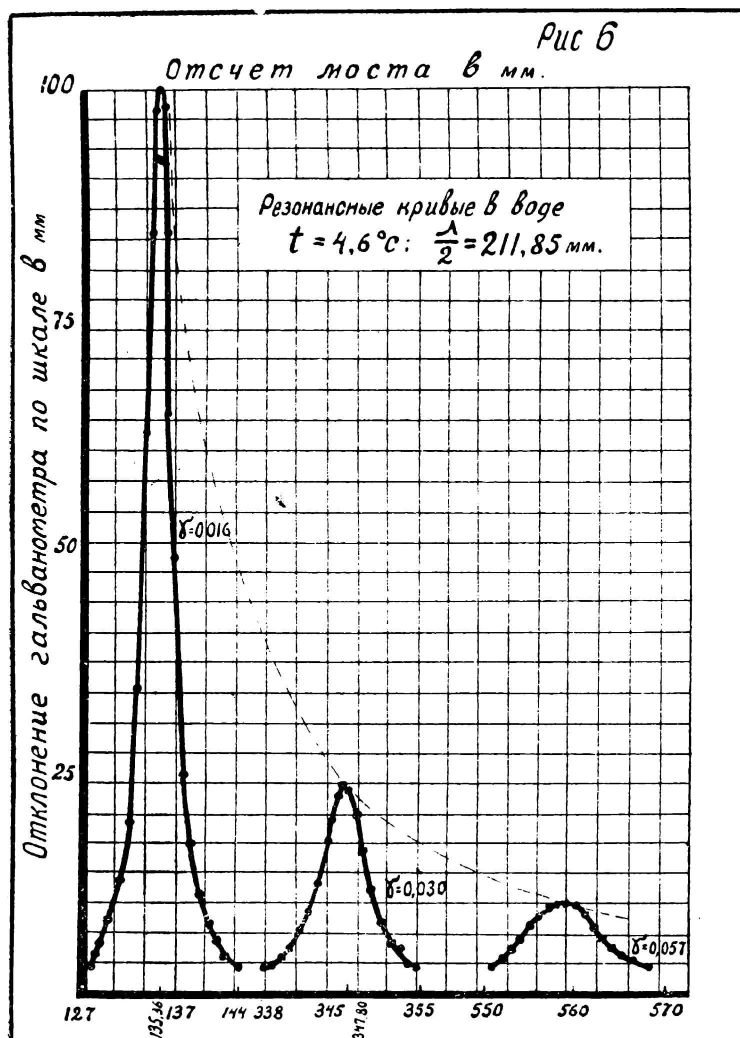
При измерениях вода всегда наливалась до определенной метки, предварительно найденной опытом.

Резонансные кривые в воде (см. рис. 6) показывают, что положение 1-го узла можно определить с большой точностью (порядка 0,05 мм) по одному лишь отсчету моста при максимуме отклонения гальванометра. Положение 2, 3, 4-х узлов определялось из 3-х отсчетов моста —одного в максимуме и двух с разных сторон от верхушки кривой, соответствовавших приблизительно вдвое меньше максимального.

В более длинной области волн в некоторых измерениях положение 2-го и 3-го узлов определялось по 2-м отсчетам моста с разных сторон от максимума при одинаковом отклонении гальванометра (см. протокол измерений, табл. № 4).

Длина полуволны в воде находилась как средняя из всех значений расстояний от I до II, от II до III и от III до IV.

Вода при измерениях обычной дистилляции имела электропроводность от $6{,}0 \cdot 10^{-6}$ до $24{,}4 \cdot 10^{-6}$ $ОМ^{-1}$ $СМ^{-1}$, специально она не перегонялась.


Рис 6
Отсчет моста в мм.
Резонансные кривые в воде
t = 4,6 °C; λ/2 = 211,85 мм.
Отклонение гальванометра по шкале в мм
100
75
50
25
γ=0,016
γ=0,030
γ=0,057
127
135.36
137
144
338
345
347.80
355
550
560
570

Электропроводность воды измерялась на мостике при частоте 3000 (Гц).

ГЛАВА IV

Результаты измерений и оценка точности

§ 1. Оценка точности измерений показателя преломления воды

Показатель преломления воды определялся как отношение длины полуволны в воздухе к длине полуволны в воде, т. е. по формуле

$$n = \frac{\frac{\lambda_0}{2}}{\frac{\lambda}{2}},$$

где λ_0 — длина волны в воздухе,

λ — „ „ в воде.

Приведение значений показателя преломления воды к 17°,0 производилось по формуле $n_{17^0,0} = n_t + k(t - 17^0,0)$, при этом $n_{17^0,0}$ и n_t — соответственно показатели преломления при температуре 17°,0 и t, К — температурный коэфициент показателя преломления.

Температурный коэфициент «К» показателя преломления воды нами специально измерялся (см. гл. V), по нашим измерениям он равен 0,0207.

Ошибка отдельных наших измерений показателя преломления не превышала 0,2% и определялась следующим образом.

За величину абсолютной ошибки измерения длины полуволны в воздухе мы принимали ошибку отсчета моста в двух соседних узлах лехеровской системы, которая не превышала 0,5 мм. Такое заключение является вполне обоснованным, так как изменения длины волны, обусловленные самим генератором, значительно меньше точности отсчета (см. устойчивость генератора).

Погрешность измерения длины полуволны в 0,5 мм составляет для самых коротких волн нашего участка относительную ошибку отдельного измерения в 0,024%.

Хотя в водяной системе у нас и использован нониус с ценой деления 0,02 мм, но во время измерений было установлено, что отклонения отдельных значений полуволны от среднеарифметического из 2—3 полуволн,

больше точности отсчета. Поэтому за величину абсолютной ошибки измерения длины полуволны в воде мы принимали наибольшее отклонение отдельных значений от среднего.

В области полуволн от 2095 до 2202 мм наибольшее отклонение отдельных значений полуволны от среднеарифметического из 2—3 полуволн не превышало 0,35 мм (см. таб. № 5). Отсюда максимальная ошибка отдельного измерения длины полуволны в воде составляет 0,15%.

В другой области полуволн $\frac{\lambda}{2} =$ 2344—2591 мм максимальная ошибка 0,27 мм (см. таб. № 6), что дает относительную ошибку в 0,1%.

Температура воды измерялась термометром с ценою деления 0,1%. При отсчетах использовалась лупа, с помощью которой отсчитывались десятые доли градуса на глаз.

Абсолютная ошибка в 0,1° в определении температуры при введении поправки по формуле приведения показателя преломления к 17° может дать еще 0,02%.

В результате мы оцениваем максимальную относительную ошибку отдельного измерения показателя преломления воды в первой области в 0,2%, во второй 0,15%, при этом максимальная абсолютная ошибка показателя преломления для первой области ±0,018, для второй — ± 0,014. Мы и для среднего значения показателя преломления в каждой области принимаем эти максимальные ошибки отдельных измерений, хотя, по теории ошибок, для окончательного результата следовало бы брать средние квадратичные, которые значительно меньше указанных.

§ 2. Результаты измерений в воде

В первой области получено 60 значений показателя преломления воды в зависимости от длины волны, все они приведены к 17°,0. Измерения производились в среднем через каждые 2 мм. Вода в течение всех измерений не менялась. Электропроводность воды вначале была $6{,}5 \cdot 10^{-6}$, в конце $10 \cdot 10^{-6}$.

Среднее из всех значений, приведенных к 17°,0, равно

$$9{,}003 \pm 0{,}018.$$

Результаты измерений показаны в таблице № 5; все они лежат в пределах ошибок 0,2%.

Во второй, более длинноволновой области, получено 75 значений показателя преломления воды со средним значением $n_{17^0,0} = 9,016 \pm 0,014$. Измерения производились, в среднем, через каждые 3 мм. Проводимость воды вначале $10,3 \cdot 10^{-6}$, в конце — $12 \cdot 10^{-6}$.

Результаты измерений во второй области представлены в таблице № 6. Все данные также лежат в пределах ошибок 0,15%.

Таблица № 5

№№ п-п,	Дата	Длина полуволны в мм		Максим. отклон. от сред. значен. в воде $\Delta\frac{\lambda}{2}$ [мм]	Показатель преломления n_{t°	Температура t^0C	Приведенное к $17^0,0$ значение показателя преломления $n_{17^\circ,0}$
		в воздухе	в воде				
1.	21/I —40 г.	2095,0	232,37	0,20	9,016	16,5	9,006
2.	»	2096,7	232,49	0,29	9,017	»	9,007
3.	23/I	2099,4	232,24	0,17	9,040	15,8	9,015
4.	»	2100,5	232,42	0,28	9,038	»	9,013
5.	»	2101,3	232,60	0,16	9,034	15,7	9,007
6.	»	2103,5	232,72	0,25	9,039	»	9,012
7.	»	2105,6	233,02	0,33	9,036	»	9,009
8.	7/II	2106,2	232,85	0,15	9,045	14,3	8,989
9.	9/II	2106,4	233,70	0,16	9,013	16,5	9,003
10.	15/II	2107,3	232,39	0,09	9,059	14,0	8,998
11.	7/II	2107,4	232,87	0,21	9,050	14,3	8,994
12.	9/II	2107,8	233,88	0,22	9,012	16,6	9,004
13.	15/II	2108,2	232,53	0,27	9,066	13,85	9,002
14.	9/II	2109,5	234,22	0,15	9,006	16,7	9,000
15.	»	2110,5	234,55	0,08	8,994	16,8	8,990
16.	15/II	2112,2	232,87	0,30	9,070	13,7	9,002
17.	9/II	2112,7	234,70	0,00	9,017	16,9	9,000
18.	»	2113,2	234,99	0,05	8,993	17,0	8,993
19.	»	2116,0	235,07	0,14	9,002	»	9,002
20.	»	2117,6	235,37	0,10	8,997	»	8,997
21.	»	2118,5	235,64	0,04	8,990	17,05	8,991
22.	»	2120,9	235,92	0,12	8,990	17,1	8,992
23.	10/II	2122,0	236,12	0,12	8,987	17,3	8,993
24.	»	2124,2	236,45	0,08	8,984	17,3	8,990
25.	»	2126,2	236,40	0,33	8,994	»	9,000

№№ п-п.	Дата	Длина полуволны в мм: в воздухе	Длина полуволны в мм: в воде	Максим. отклон. от сред. значен. в воде $\Delta \frac{\lambda}{2}$ [мм]	Показатель преломления n_{t°	Температура $t^\circ C$	Приведенное к 17°,0 значение показателя преломления $n_{17^\circ,0}$
26.	»	2128,4	236,69	0,12	8,992	17,25	8,997
27.	»	2130,6	236,93	0,03	8,992	17,2	8,996
28.	»	2133,7	237,09	0,31	8,999	»	9,004
29.	10/II	2135,4	237,42	0,10	8,994	17,2	8,998
30.	»	2137,5	237,57	0,17	8,997	»	9,001
31.	»	2138,9	237,77	0,33	8,996	17,3	9,002
32.	»	2142,0	238,19	0,26	8,993	»	8,999
33.	»	2145,6	238,63	0,20	8,991	»	8,998
34.	»	2147,0	238,92	0,19	8,986	»	8,992
35.	»	2149,8	239,13	0,10	8,990	»	8,996
36.	»	2152,4	239,30	0,20	8,994	17,3	9,000
37.	»	2154,6	239,53	0,27	8,995	»	9,001
38.	»	2156,5	239,69	0,35	8,997	»	9,003
39.	»	2158,7	239,95	0,35	8,998	17,35	9,005
40.	12/II	2161,2	239,83	0,25	9,011	16,9	9,009
41.	»	2163,0	240,24	0,15	9,003	16,85	9,001
42.	10/II	2165,5	240,69	0,28	8,997	17,35	9,018
43.	12/II	2165,8	240,33	»	9,012	16,8	9,008
44.	»	2168,1	240,69	0,05	9,001	»	8,998
45.	»	2170,0	240,78	0,25	9,012	»	9,008
46.	»	2172,5	241,10	0,20	9,011	»	9,007
47.	»	2175,5	241,36	0,31	9,013	»	9,009
48.	»	2176,9	241,60	0,33	9,010	16,85	9,007
49.	»	2178,8	241,88	0,25	9,008	»	9,005
50.	14/II	2181,7	242,74	0,17	8,988	18,1	9,010
51.	12/II	2181,8	242,12	0,32	9,011	16,85	8,998
52.	14/II	2183,6	243,04	0,17	8,984	18,0	9,005
53.	»	2185,8	243,10	0,16	8,991	17,85	9,008
54.	»	2187,7	243,33	0,23	8,991	17,8	9,007
55.	14/XII	2190,6	243,52	0,29	8,996	17,7	7,009
56.	»	2194,3	243,67	0,14	9,052	»	9,020
57.	»	2195,5	244,00	0,30	8,998	17,7	9,012
58.	»	2197,9	244,23	0,28	8,999	17,65	9,013
59.	»	2200,4	244,77	0,14	8,990	17,63	9,004
60.	»	2201,7	244,85	0,19	8,992	»	9,005

Таблица № 6

№№ п-п.	Дата	Длина полуволны в мм		Максим. отклон. от сред. значен. в воде $\Delta\frac{\lambda}{2}$ [мм]	Показатель преломления n_{t°	температура t^0C	Приведенное к $17^0,0$ значение показателя преломления $n_{17^\circ,0}$
		в воздухе	в воде				
1.	17/II	2344,0	258,96	0,07	9,052	15,4	9,019
2.	»	2347,2	259,42	0,02	9,048	15,4	9,015
3.	»	2352,0	260,00	0,03	9,047	15,4	9,014
4.	»	2356,1	260,52	0,07	9,043	15,8	9,018
5.	»	2361,0	261,08	0,05	9,043	15,9	9,020
6.	»	2364,2	261,54	0,04	9,040	16,0	9,019
7.	»	2367,8	262,01	0,02	9,037	16,1	9,018
8.	»	2372,2	262,49	0,01	9,037	»	9,018
9.	»	2374,4	262,90	0,07	9,032	16,2	9,015
10.	»	2377,7	263,20	0,04	9,034	16,3	9,019
11.	»	2381,4	263,70	0,04	9,031	»	9,016
12.	»	2385,0	264,10	0,05	9,031	16,4	9,018
13.	»	2388,0	264,30	0,05	9,035	»	9,022
14.	17/II	2392,5	264,90	0,05	9,032	»	9,019
15.	19/II	2394,7	266,08	0,05	9,000	17,7	9,014
16.	17/II	2396,6	265,30	0,00	9,034	»	9,021
17.	19/II	2398,4	266,42	0,08	9,002	17,7	9,017
18.	»	2401,8	266,87	0,08	9,000	»	9,014
19.	»	2406,2	267,23	0,08	9,002	17,6	9,016
20.	20/II	2410,3	267,28	0,02	9,018	17,1	9,020
21.	»	2413,8	267,65	0,05	9,018	»	9,020
22.	»	2417,0	268,05	0,05	9,017	17,0	9,017
23.	20/II	2422,0	268,55	0,10	9,118	17,0	9,018
24.	»	2424,6	268,96	0,16	9,015	17,0	9,015
25.	»	2428,7	269,25	0,05	9,020	16,9	9,018
26.	»	2433,5	269,88	0,23	9,016	»	9,013
27.	»	2436,1	270,10	0,20	9,020	16,8	9,018
28.	21/II	2440,7	270,26	0,01	9,031	16,4	9,018
29.	21/II	2444,7	270,78	0,15	9,028	16,4	9,016
30.	»	2449,0	271,32	0,18	9,026	»	9,014
31.	»	2454,1	271,90	0,23	9,026	»	9,014
32.	»	2458,8	272,23	0,14	9,038	»	9,020
33.	»	2463,2	272,85	0,12	9,027	»	9,015
34.	»	2466,3	273,14	0,23	9,029	»	9,017
35.	»	2472,6	273,90	0,20	9,027	»	9,015

№№ п-п	Дата	Длина полуволны в мм: в воздухе	Длина полуволны в мм: в воде	Максим. от клон. от сред. значен. в воде $\Delta \frac{\lambda}{2}$ [мм]	Показатель преломления n_{t°	температура t^0C	Приведенное к $17^0,0$ значение показателя преломления $n_{17^\circ,0}$
36.	21/II	2476,5	274,32	0,23	9,027	16,3	9,014
37.	»	2481,0	274,90	0,17	9,024	16,3	9,011
38.	»	2486,6	275,45	0,22	9,027	16,3	9,013
39.	»	2489,8	275,77	0,18	9,028	»	9,014
40.	22/II	2494,8	276,37	0,09	9,027	16,4	9,014
41.	21/II	2497,4	276,37	0,23	9,037	»	9,022
42.	22/II	2498,3	277,55	0,15	9,001	17,6	9,014
43.	»	2500,3	277,55	0,05	9,008	17,5	9,018
44.	22/II	2505,0	277,40	0,25	9,030	16,4	9,018
45.	21/II	2508,8	277,72	0,18	9,033	16,2	9,017
46.	22/II	2512,4	278,10	0,14	9,033	16,4	9,021
47.	25/II	2513,0	278,53	0,23	9,022	16,9	9,020
48.	22/II	2516,6	278,60	0,15	9,033	16,4	9,021
49.	25/II	2516,9	279,10	0,25	9,017	16,9	9,015
50.	»	2521,7	279,61	0,13	9,018	17,0	9,018
51.	25/II	2522,0	279,23	0,27	9,028	16,4	9,016
52.	»	2524,0	279,82	0,01	9,021	16,8	9,017
53.	26/II	2524,0	280,44	0,24	9,001	17,5	9,011
54.	25/II	2524,8	280,00	0,25	9,017	17,0	9,017
55.	26/II	2526,6	280,85	0,22	8,996	17,5	9,008
56.	22/II	2526,8	279,75	0,15	9,031	16,4	9,019
57.	»	2530,3	281,35	0,10	8,993	17,5	9,008
58.	»	2531,8	280,36	0,26	9,028	16,4	9,016
59.	»	2535,2	280,62	0,23	9,031	»	9,019
60.	26/II	2535,2	281,90	0,10	8,993	17,5	9,008
61.	»	2540,9	282,28	0,03	9,001	»	9,016
62.	»	2544,0	282,70	0,10	8,999	»	9,014
63.	26/II	2549,0	283,25	0,05	8,999	17,5	9,014
64.	27/II	2553,1	284,12	0,13	8,986	18,4	9,015
65.	26/II	2553,3	283,68	0,08	9,001	17,5	9,016
66.	17/II	2556,6	284,50	0,10	8,986	18,4	9,014
67.	»	2562,7	285,07	0,18	8,989	»	9,018
68.	»	2566,1	285,62	0,13	8,984	»	9,013
69.	»	2571,7	286,15	0,15	8,987	»	9,015
70.	»	2575,9	286,60	0,20	8,988	18,3	9,015

№№ п-п.	Дата	Длина полуволны в мм: в воздухе	Длина полуволны в мм: в воде	Максим. отклон. от сред. значен. в воде $\Delta\frac{\lambda}{2}$ [мм]	Показатель преломления $n_{t°}$	температура t^0C	Приведенное к $17^0,0$ значение показателя преломления $n_{17°,0}$
71.	»	2581,5	287,18	0,17	8,989	»	9,016
72.	28/II	2582,2	287,05	0,05	8,996	17,7	9,012
73.	27/II	2586,3	287,60	0,10	8,993	18,3	9,018
74.	28/II	2586,8	287,30	0,10	9,000	17,7	9,014
75.	»	2590,5	287,59	0,01	9,008	»	9,021

Значения показателя преломления в воде, приведенные к 17°,0, полученные при повторных измерениях и разных температурах воды

Таблица № 7

№№ п. п.	Дата	Длина полуволны в воздухе в мм	Показатель преломления $n_{t°}$	Температура $t°$	$n_{17°,0}$	$\Delta n_{17°,0}$	Примечание
7	23/1—40г.	2105,6	9,036	15,7	9,009	0,020	
8	7/II	2106,2	9,045	14,3	8,989		
10	15/II	2107,3	9,059	14,0	8,998	0,004	
11	7/II	2107,4	9,050	14,3	8,994		Табл. 5
42	10/II	2165,5	8,998	17,4	9,018	0,010	
43	12/II	2165,8	9,012	16,8	9,008		
50	14/II	2181,7	8,988	18,1	9,010	0,012	
51	12/II	2181,8	9,011	16,9	8,998		
41	21/II	2 497,4	9,037	16,14	9,022	0,008	
42	28/II	2498,3	9,001	17,6	9,014		
43	22/II	2516,6	9,033	16,4	9,021	0,006	
49	25/II	2516,9	9,017	16,9	9,015		Табл. 4
64	27/II	2553,1	8,986	18,4	9,015	0,001	
65	26/II	2553,3	9,001	17,5	9,016		
14	12/IV	2154,5	9,269	4,5	9,011	0,001	
28	12/IV	2154,5	9,220	6,8	9.010		
85	16/IV	2150,0	8,971	18,7	9,006	0,007	
92	17/IV	2150,0	8,896	22,7	9,013		Табл. 10
93	17/IV	2150,0	8,806	26,4	9,000	0,013	
99	17/IV	2150,0	8,749	29,0	8,996	0,004	

Значения показателя преломления в воде при различной электропроводности

Таблица № 8

№№ п-п	Дата	Длина полуволн в мм		n_t	t°	$n_{17°,0}$	$\Delta n_{17°,0}$	Электропроводность $\times 10^{-6}$
		в воздухе	в воде					
1	1/IV—1940 г.	1954,5	210,07	9,304	3,1	9,018		14,6
2	3/IV	1961,0	211,85	9,257	4,6	9,001		16,2
3	21/1	2095,0	232,37	9,016	16,5	9,006		6,5
4	9|II	2120,9	235,92	8,990	17,1	8,992	0,028	8,2
	1/III	2121,2	235,00	9,026	16,7	9,020		11,5
5	15/IV	2150,4	235,87	9,117	11,8	9,010		24,4
	16/IV	2150,0	240,65	8,934	20,6	9,008	0,002	»
	17/IV	2150,0	242,71	8,858	24,2	9,006		6,0
6	10/II	2154,6	239,53	8,995	17,3	9,001	0,010	9,8
	12/II	2154,5	232,43	9,269	4,5	9,011	0,010	
	12|IV	2154,2	234,83	9,173	8,7	9,001		20
7	14/II	2185,8	243,10	8,991	17,9	9,003	0,020	9,8
	1/III	2185,0	242,30	8,992	16,8	8,988		
8	17/II	2367,8	262,01	9,037	16,1	9,018	0,007	10,3
	1/II	2367,9	262,50	9,025	17,0	9,025		11,5
9	17/II	2388,0	264,30	9,035	16,4	9,022	0,000	10,3
	1/III	2386,9	264,52	9,024	16,9	9,022		11,5

Для второй области на каждые 100 мм в полуволнах получились следующие средние, приведенные к 17° значения показателя преломления воды:

$$\frac{\lambda}{2} = 2344 - 2400,\quad 2400 - 2500,\quad 2500 - 2591 \text{ мм}$$

$$n = 9{,}017 \qquad 9{,}016 \qquad 9{,}016$$

Результаты измерений по видоизмененному первому методу Друде легко воспроизводимы, что видно из табл. № 7, в которой приведены повторные результаты изме-

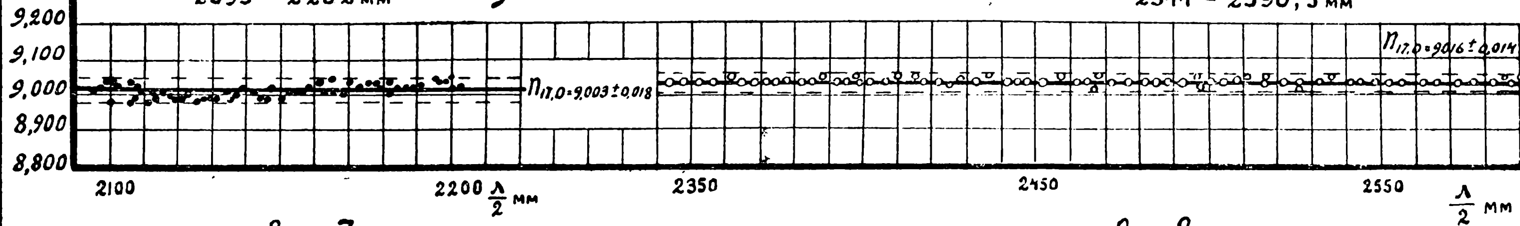

Ход показателя преломления электрических волн в воде в зависимости от длины волны в области полуволн.
$n_{17,0°}$
2095 – 2202 мм
2344 – 2590,5 мм
9,200
9,100
9,000
8,900
8,800
$n_{17,0}=9,003 \pm 0,018$
$n_{17,0}=9,016 \pm 0,014$
2100
2200 $\frac{\lambda}{2}$ мм
2350
2450
2550
$\frac{\lambda}{2}$ мм

Рис. 7

Рис. 8

рений показателя преломления воды при разных температурах воды. Наибольшее расхождение между отдельными значениями не выходит за пределы указанной ошибки в 0,2%.

Те же результаты измерений показателя преломления воды в зависимости от длины волны (данные взяты из табл. №№ 5 и 6) представлены графически на рис. 7 и 8. Длины полуволн в воздухе в мм отложены по оси абсцисс, а приведенные к 17° значения показателя преломления воды по оси ординат. Сплошные линии проведены через средние значения показателя преломления в соответствующих областях, пунктиром отмечены пределы ошибок ($\pm 0{,}018$) и ($\pm 0{,}014$).

В пределах точности измерений зависимость между показателем преломления n и длиною волны λ в указанных измеренных областях электромагнитного спектра изображается прямой линией, параллельной оси абсцисс.

Таким образом, в области длин полуволн от $\frac{\lambda}{2}=2095$ до $\frac{\lambda}{2}=2202$ мм и от $\frac{\lambda}{2}=2344$ до $\frac{\lambda}{2}=2591$ мм аномальная дисперсия показателя преломления электромагнитных волн отсутствует.

Такой вывод обосновывается еще и тем, что ширина наиболее узкой полосы дисперсии в воде у Иванова равна 7 мм, у Вейхмана 15 мм, а наши измерения в воде производились от точки к точке через 2—3 мм и, следовательно, между измеренными точками не может поместиться какая-нибудь полоса дисперсии.

В таблице № 8 приведены результаты измерений показателя преломления воды при электропроводности от $6{,}5 \cdot 10^{-6}$ до $24{,}4 \cdot 10^{-6}$. Оказывается, в пределах ошибок измерений загрязнение воды и увеличение ее электропроводности не сказываются на результатах измерения показателя преломления. К такому же выводу в свое время пришли Колли (24), Иванов (26) и другие авторы. Иванов наблюдал, что при изменении электропроводности воды от 3 до $2 \cdot 10^{-6}$ показатель преломления ее оставался неизменным.

§ 3. Сравнение результатов измерений показателя преломления воды

В таблице № 9 приведены результаты измерений показателя преломления воды, полученные разными авторами как с затухающими, так и с незатухающими колебаниями.

Из этой таблицы видно, что результаты наших измерений хорошо совпадают с результатами измерений Новосильцева (34, 35, 38, 39), Алимовой (31), Голоушкина (36), Богословского и Жевержеевой (37), Гусева (40), которые выполнены в физическом институте РГУ.

Следует подчеркнуть, что все измерения, произведенные в разное время с незатухающими колебаниями, показали отсутствие аномальной дисперсии в воде в разных участках спектра.

Аномальную дисперсию в воде наблюдали лишь авторы, работавшие с затухающими колебаниями.

Может показаться, что результаты, полученные с затухающими колебаниями, ошибочны и не имеют цены и вообще применение затухающих колебаний в качестве средства исследования не надежно. Но это предположение еще рано делать. Дело в том, что все авторы, в том числе Колли (23, 24), Иванов (26), Вейхман (29), Франкенбергер (30) и другие, наблюдали наряду с участками, содержащими много сложных полос, участки без дисперсии, в которых точки располагались на прямой линии.

Далее, для проверки и сравнения результатов, полученных с затухающими и незатухающими колебаниями, были поставлены специальные измерения Алимовой (31) с слабозатухающими колебаниями в области спектра от $\frac{\lambda}{2}=1100-1500$ мм. Результаты Алимовой вполне совпадают с результатами Новосильцева, полученными в той же области с незатухающими колебаниями.

Характерно, что в областях, в которых с затухающими колебаниями обнаруживали аномальную дисперсию, с незатухающими колебаниями находили несколько уменьшенные средние значения показателя преломления. Так, Новосильцев (39) нашел в области $\frac{\lambda}{2}=620-566$ мм

несколько преуменьшенное среднее значение показателя преломления $n_{17} = 8{,}983$, в которой Ивановым наблюдалась аномальная дисперсия. Аналогичное наблюдал и Гейм (44). На участке, где Колли, Вейхман и Франкенбергер наблюдали аномальную дисперсию с затухающими колебаниями, он получил пониженное среднее значение показателя преломления воды.

При сравнении результатов, полученных с затухающими и незатухающими колебаниями, надо иметь в виду огромную разницу в величине применяющихся электрических полей в обоих случаях, на что указано проф. Богословским (45). По его подсчетам амплитуды незатухающих колебаний, применявшихся в работах РГУ, в несколько сот раз меньше начальных амплитуд в установках Колли и Иванова.

Для выяснения отдельных сторон этого, до настоящего времени не разрешенного противоречия, следовало бы вновь подробно провести точные измерения с затухающими колебаниями, учитывая при этом ряд новых обстоятельств, обнаруженных при работе с незатухающими колебаниями.

Средние значения показателя преломления воды, найденные разными авторами в дециметровом и метровом диапазоне

Таблица № 9

Исследованная область в полуволнах в мм	Авторы	Дата	Число точек	$n_{17^\circ,0}$
115—365	Франкенбергер	1929	73	9,011
142—283,5	Арден, Гросс и др.	1936	34	8,95
180—1600	Гейм	1927	11	8,98
245,65—317,8	Жирард и Абади . . .	1932	20	8,99
1330,5—1344	Хольборн	1921	2	9,03
1339—1350,7	Дейбнер	1927	14	8,990
1210—2220	Сауцин	1920		8,55
235—357,5	Гусев	1938	76	9,010
566—617	Новосильцев	1935	20	8,983
618—846	Новосильцев	1938	40	8,997
1100—1200	,,	1929		9,006

Исследованная область в полуволнах в мм	Авторы	Дата	Число точек	$n_{17^0,0}$
1200—1300	Новосильцев	,,		9,007
1300—1400	,,	,,	141	9,003
1400—1500	,,	,,		8,996
1100—1200	Алимова	1931		9,008
1200—1300	,,	,,	55	9,005
1300—1400	,,	,,		8,995
1400—1500	,,	,,		8,999
1400—1500	Алимова и Новосильцев	1932		8,995
1500—1600	,,	,,	71	9,004
1600—1700	,,	,,		9,004
1700—1800	,,	,,		9,010
1800—1900	Голоушкин	1935		9,000
1900—2000	,,	,,		9,002
2000—2100	,,	,,		9,003
2094—2354.5	Богословский			
	Жевержеева			
2095—2202	Фролов	1940	60	9.003
2340—2400	,,	,,		9,017
2400—2500	,,	,,	75	9,016
2500—2591	,,	,,		9,016

ГЛАВА V

Температурная зависимость показателя преломления воды

§ 1. Целевая установка

Выше было указано, что дипольная теория диэлектриков предложена была вначале для объяснения температурной зависимости ДП диэлектриков, и только после она была применена и для объяснения дисперсии и абсорбции в электрическом спектре.

Показатель преломления и ДП вообще могут зависеть от длины волны и температуры. В третьей главе нами был исследован показатель преломления в метровом диапазоне в воде при плавном изменении длины волны.В настоящей, пятой главе, изложены результаты наших измерений зависимости показателя преломления воды от температуры при неизменной длине волны.

По данным наших измерений мы нашли температурный коэфициент показателя преломления воды.

§ 2. Методика измерений зависимости показателя преломления воды от температуры

Измерения температурной зависимости показателя преломления воды производились на той же установке, на которой измеряли ход показателя преломления в зависимости от λ.

Для охлаждения бутыль с водой помещалась в сосуд, в который накладывался лед и снег. При этом вода охлаждалась почти до нуля градусов.

Ванна, в которую наливали воду для измерений, окутывалась толстым слоем ваты для уменьшения теплообмена. Температура воздуха в комнате также специально понижалась. Благодаря этому за время измерений одной точки температура воды практически оставалась неизменной.

Измерения производились нами в температурном интервале от 2,3° до 30,2°C.

Большой интерес представляло поведение воды вблизи 4°C, поэтому около 4°C мы производили измерения через каждые 0,1—0,2°.

При температуре в 4,6° мы специально сняли резонансные кривые, которые и в этом случае оказались симметричными и плавными, причем все точки расположились на теоретических кривых (см. рис. 6). Это показывает, что условия измерений показателя преломления при температурах, близких к 0°C, достаточно хороши.

§ 3. Результаты измерений

Измерения производились при длине волны $\lambda =$ 4302 мм, лежащей в том же участке спектра, в котором перед этим исследовался показатель преломления.

В указанном температурном интервале от 2,3° до 30,2° мы получили сто значений показателя преломления воды при соответствующих температурах.

Как уже было сказано, благодаря специальному охлаждению комнаты, в которой производились измерения, окутыванию ванны и при большом количестве воды в ванне (около 35 л.) теплообмен был сведен к минимуму. Это дает нам право делать заключение, что точность наших измерений при температурах около 0°C такая же, как и при температурах, близких к 17°, т. е. 0,2 %.

Среднее из всех этих приведенных к 17° значений равно $n_{17^\circ,0} = 9,008$.

Результаты измерений приведены в таблице № 10.

Эти же данные графически представлены на рис. 9, где по оси абсцисс отложена температура, по оси ординат-показатель преломления воды.

Из графика видно, что зависимость между показателем преломления воды и температурой выражена прямой линией. При температуре около 4° вода ведет себя так же, как и при более высоких температурах.

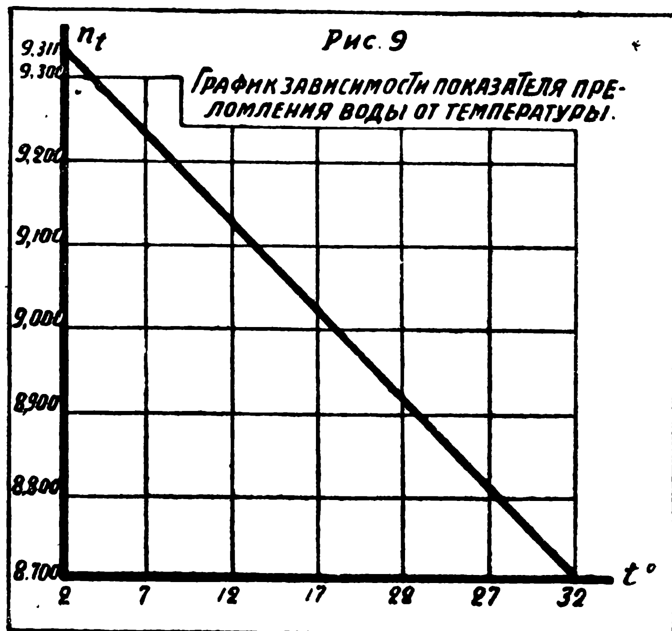


Таблица № 10

№№ п-п.	Дата	Длина полуволны в мм: в воздухе	Длина полуволны в мм: в воде	Максим. отклон. от сред. значен. в воде	Показатель преломления	Температура	Приведенное к 17°,0 значение показателя преломления
1.	12/IV 1940 г.	2153,0	231,22	0,06	9,311	2,3	9,008
2.	»	»	231,38	0,04	9,305	2,6	9,008
3.	»	»	231,36	0,02	9,305	2,7	9,010
4.	»	»	231,44	0,05	9,303	2,9	9,012
5.	»	»	231,47	0,03	9,301	3,1	9,015
6.	»	»	231,62	0,01	9,295	3,3	9,013
7.	»	»	231,66	0,04	9,294	3,4	9,014
8.	»	»	231,80	0,03	9,288	3,6	9,012
9.	»	»	231,87	0,03	9,285	3,8	9,013
10.	»	»	232,08	0,09	9,278	3,9	9,007
11.	»	»	232,23	0,03	9,271	4,0	9,003
12.	»	»	232,28	0,02	9,268	4,1	9,002
13.	»	»	232,32	0,05	9,267	4,3	9,005
14.	»	2154,5	232,43	0,01	9,269	4,5	9,011
15.	»	»	232,91	0,07	9,250	4,9	9,001
16.	»	»	232,93	0,04	9,249	5,1	9,004
17.	13/IV	2152,2	232,59	0,02	9,253	5,1	9,008
18.	»	»	232,80	0,02	9,245	5,2	9,002
19.	12/IV	2154,5	233,00	0,05	9,244	5,4	9,007
20.	13/IV	2152,2	232,89	0,07	9,241	5,5	9,004
21.	»	»	233,03	0,08	9,236	5,6	9,001
22.	12/IV	2154,5	233,16	0,04	9,244	5,7	9,011
23.	»	2155,9	233,42	0,02	9,236	5,9	9,008
24.	»	2154,5	233,30	0,07	9,235	6,0	9,008
25.	»	2154,5	233,38	0,06	9,232	6,1	9,007
26.	»	»	233,40	0,01	9,231	6,2	9,008
27.	»	»	233,68	0,02	9,220	6,4	9,001
28.	»	»	233,68	0,05	9,220	6,8	9,010
29.	»	»	233,77	0,04	9,216	7,0	9,010
30.	»	»	233,91	0,00	9,211	7,2	9,009
31.	»	»	234,14	0,02	9,202	7,4	9,004
32.	14/IV	2151,7	233,93	0,02	9,198	7,7	9,006
33.	12/IV	2154,2	234,13	0,01	9,201	7,8	9,011
34.	»	2154,2	234,40	0,02	9,190	8,1	9,006
35.	»	»	234,50	0,04	9,186	8,3	9,007

№№ п-п.	Дата	Длина полуволны в мм: в воздухе	Длина полуволны в мм: в воде	Максим. отклон. от сред значен. в воде	Показатель преломления	Температура	Приведенное к 17°,0 значение показателя преломления
36.	»	»	234,63	0,06	9,181	8,5	9,006
37.	14/IV	2151,7	234,27	0,04	9,185	8,5	9,010
38.	12/IV	2154,2	234,83	0,00	9,173	8,7	9,001
39.	14/IV	2151,7	234,34	0,03	9,182	8,8	9,013
40.	»	»	234,58	0,02	9,173	9,0	9,008
41.	»	»	234,54	0,02	9,174	9,1	9,011
42.	»	»	234,75	0,10	9,166	9,4	9,009
43.	»	»	234,92	0,02	9,159	9,6	9,007
44.	»	»	235,05	0,05	9,154	9,8	9,008
45.	»	»	235,13	0,03	9,151	10,0	9,007
46.	13/IV	2151,2	235,00	0,08	9,154	10,0	9,010
47.	»	»	235,05	0,03	9,152	10,1	9,010
48.	»	»	235,08	0,01	9,151	10,2	9,011
49.	14/IV	2151,7	235,20	0,08	9,148	10,2	9,008
50.	»	2152,5	235,46	0,04	9,142	10,4	9,006
51.	13/IV	2151,2	235,14	0,01	9,148	10,4	9,012
52.	»	»	235,35	0,01	9,144	10,6	9,012
53.	14/IV	2152,5	235,51	0,10	9,140	10,6	9,008
54.	13/IV	2151,2	235,43	0,04	9,137	10,8	9,009
55.	»	»	235,61	0,09	9,130	11,1	9,008
56.	»	»	235,69	0,02	9,127	11,2	9,007
57.	»	»	235,74	0,01	9,125	11,4	9,009
58.	»	»	236,16	0,02	9,110	11,6	8,999
59.	»	»	236,10	0,02	9,111	11,8	9,004
60.	15/IV	2150,4	235,87	0,06	9,117	11,8	9,010
61.	13/IV	2151,2	236,14	0,01	9,110	12,0	9,009
62.	15/IV	2150,4	236,09	0,03	9,108	12,3	9,011
63.	»	»	236,21	0,01	9,104	12,5	9,011
64.	»	»	236,28	0,01	9,101	12,7	9,012
65.	»	»	236,39	0,01	9,097	12,9	9,012
66.	15/IV	2151,3	236,70	0,03	9,088	13,2	9,010
67.	»	»	236,93	0,03	9,080	13,5	9,008
68.	»	»	237,04	0,04	9,0756	13,8	9,008
69.	»	»	237,11	0,05	9,073	14,0	9,011
70.	»	»	237,22	0,02	9,068	14,2	9,010
71.	»	»	237,43	0,02	9,065	14,4	9,011

№№ п/п	Дата	Длина полуволны в мм: в воздухе	Длина полуволны в мм: в воде	Максим. отклон. от сред. значен. в воде	Показатель преломления	Температура	Приведенное к 17°,0 значение показателя преломления
72.	»	»	237,62	0,05	9,054	15,0	9,012
73.	»	»	237,77	0,02	9,048	15,2	9,011
74.	»	»	237,85	0,04	9,045	15,4	9,012
75.	»	»	237,91	0,07	9,043	15,6	9,013
76.	»	»	238,12	0,04	9,034	15,8	9,007
77.	»	»	238,36	0,04	9,025	16,2	9,008
78.	»	»	238,42	0,04	9,023	16,4	9,011
79.	»	»	238,59	0,00	9,017	16,7	9,011
80.	»	2151,0	238,62	0,01	9,014	16,8	9,010
81.	»	2150,7	238,64	0,02	9,012	16,9	9,010
82.	»	»	238,77	0,01	9,007	17,0	9,007
83.	16/IV	2149,7	238,81	0,01	9,002	17,5	9,012
84.	»	»	239,08	0,01	8,992	18,0	9,013
85.	»	2150,0	239,62	0,01	8,971	18,7	9,006
86.	»	»	239,90	0,02	8,961	19,2	9,005
87.	»	»	240,36	0,06	8,945	19,9	9,005
88.	»	»	240,65	0,05	8,934	20,6	9,008
89.	»	»	240,80	0,06	8,926	21,0	9,010
90.	»	»	241,18	0,02	8,914	21,6	9,009
91.	»	2150,9	241,68	0,02	8,900	22,3	9,009
92.	17/IV	2150,0	241,69	0,03	8,896	22,7	9,013
93.	16/IV	2150,9	242,29	0,02	8,877	23,5	9,011
94.	17/IV	2150,0	242,71	0,03	8,858	24,2	9,006
95.	»	2150,0	243,40	0,01	8,834	25,4	9,006
96.	»	»	244,14	0,04	8,806	26,4	9,000
97.	»	»	244,55	0,02	8,792	27,1	9,000
98.	»	»	245,43	0,03	8,760	28,7	9,001
99.	»	»	245,75	0,05	8,749	29,0	8,996
100.	»	»	246,30	0,02	8,729	30,2	9,000

§ 4. Определение температурного коэфициента показателя преломления воды

По графику, изображенному на рис. 9, мы определили температурный коэфициент, исходя из формулы:

$$n_{17^0,0} = n_t + k\,(t-17)$$

Как видно из графика, все точки укладываются на

одну общую прямую линию, отражающую температурный ход в широком диапазоне.

Таким образом, температурный коэфициент является постоянной величиной, не зависящей от температуры.

По нашим измерениям он равен 0,0207.

В таблице № 11 приведены значения температурного коэфициента показателя преломления воды, полученные разными авторами.

Наши результаты измерений хорошо совпадают с результатами других авторов, особенно с измерениями Новосильцева, который при длине волны 2376,8 мм получил для K значение 0,0206.

Сравнение температурных коэфициентов показателя преломления в воде

Таблица № 11

Авторы	Дата	Длина полуволны в мм	Температурный интервал	Темпер коэф. показ. преломления	Проводимость	Тип колебаний
1	2	3	4	5	6	7
Друде . . .	1896	750	—100	0,0189		затух.
Колли . . .	1901 1905			0,0220	5.10−6	сл/затух.
Рукоп . . .	1913		14—21°	0,018		сл/затух.
Иванов . . .	1915	(310−330)	2−90°	0,0214	3—20.10−6	сл/затух.
Вейхман . .	1921	1188,4		0.0200		сл/затух.
Новосильцев	1929		2,9—30,4	0,0206	7—9.10−6	незатух.
Голоушкин .	1935	1985	4,8—32,5	0,0200	7–4–25.10−6	незатух.
Гусев	1938	261,8	4—20°	0.018	3,6—15.10−6	незатух.
Фролов . . .	1940	2151	2,3—30,2	0,0207	16.10−6	незатух.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Я. И. Френкель и А. И. Губанов, Современное состояние теории поляризации диэлектриков, У. Ф. Н., т. XXIV, вып. 1, 1940 г.

2. П. Дебай, Полярные молекулы, 1931.

3. Абрагам-Беккер, Теория электричества, ОНТИ 1936 г.

4. P. Drude, Ann. d. Phys., 64, 131, 1896.

5. А. Ф. Вальтер, Физика диэлектриков, ГТТИ, 1932.

6. Г. А. Лоренц, Теория электронов, ОНТИ, 1934.

7. P. Debye, Phys. z., 13, 97, 1912.

8. Ч. Ф. Смайс, Диэлектрическая постоянная и структура молекул, ОНТИ, 1937.

9. P. Debye, Phys. Z., 36, 193, 1935.
Phys. Z., 36, 100, 1935.
Chem. Rev., 19, 171, 1936.

10. Kirkwood, J. Chem. Phys., 7, 911, 1939.

11. П. Дебай и Г. Закк, Теория электрических свойств молекул, ОНТИ, 1936.

12. П. Дебай, Строение материи, ОНТИ, 1936.

13. П. Дебай, У. химии, т. VI, вып. 5, 633, 1937. У. химии, т. VI, вып. 5, 650, 1937.

14. П. Дебай, У. Ф. Н., т. XVII, вып. 4, 1937,

15. Я. И. Френкель, Теория твердых и жидких тел, ГТТИ, 1934.

16. Я. И. Френкель, Ж. Э. Т. Ф., 6, 902, 1936.

17. Debye и Ramm, Ann. d. Phys., 28, 28, 1937.

18. P. Drude, Z. f. Phys., 23, 263, 1897.

19. P. Drude, Ann. d. Phys., 60, 500, 1897.

20. P. Drude, Ann. d. Phys., 59, 17, 1896.

21. P. Drude, Ann. d. Phys., 8, 336, 1902.

22. W. D. Koolidge, Ann. d. Phys., 69, 125, 1899.

23. А. Р. Колли, Исследование дисперсии в электрическом спектре жидкостей, Одесса, 1908.

24. А. Р. Колли, Метод детального изучения узких дисперсионных полос и т. д. Изв. Варш. унив., 1915 г.

25. Н. Н. Оболенский, Ж. Р. Ф. Х. О (часть физическая), 41, 269, 1909.

26. Иванов, Известия Варшавского университета, вып. 5, 1915.

27. H. Rukop, Ann. d. Phys., 42, 485, 1913.

28. E. Rûckert. Ann. d. Phys., 55, 151, 1918.
29. R. Weichmann. Phys. Z., 22, 535, 1921, Ann. d. Phys. 66, 501, 1921.
30. Frankenberger. Ann. d. Phys., 4, 948, 1929.
31. M. Alimowa. Ann. d. Phys., 9, 176, 1931,
32. Шермецинская, Ж. Р. Ф. Х. О. 59, 499, 1927.
33. G. Sauthworth. Phys. Rev., 23, 631, 1924.
34. Н. С. Новосильцев, Ж. Р. Ф. Х. О., вып. 6, 507, 1929, 2, 915, 1929.
35. М. М. Алимова и Н. С. Новосильцев, Труды Сев.-Кавк. гос. унив., вып. 1, 1934.
36. В. Н. Голоушкин, Известия Сев.-Кавк. пединститута, т. XIII, Северо-Осетинское гос. изд., 1937.
37. Е. В. Богословский, В. Ф. Жевержеева, Лысенко (не опубликована).
38. Н. С. Новосильцев, Ученые записки РГУ, т. 2, 1938.
39. Н. С. Новосильцев, Ученые записки РГУ, т. 3, 1939.
40. М. И. Гусев, Диссертация, Ростов-Дон, РГУ, 1940.
41. Дивильковский и Маш, Ж.ЭТФ, вып. 8, 1940.
42. Mizuschima. Scient. Papers of the Lust of Phys. and Chem. Researsch. Tokyo. у 5, 201, 1927.
43. Ardenne. Gross. Otterbein. Phys. Z., 37, 533, 1936.
44. Heim. Z. f. Hoch freg. techn., 30, №№ 5, 6, 1927.
45. Е. В. Богословский, О сравнении результатов измерений ДП жидкостей, Ученые записки РГУ, вып. VI, 1935.

Н. И. Выгановский

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

(Методика изложения и экспериментальное обоснование люминесценции в курсе средней школы)

1

Проектом программы в курсе физики средней школы предусматривается прохождение люминесценции. По существующей же программе для 10-го класса не предусматривается изучение свойств люминесценции. Тем не менее люминесценция начинает прочно входить в целый ряд отраслей хозяйства, техники и, самое главное, в быт для целей освещения. Поэтому сама жизнь ставит вопрос о необходимости изучения физических свойств люминесценции подобно тому, как мы изучаем физические свойства электрического тока.

Опыт показывает, что ни демонстрационная, ни, тем более, физическая стороны этого вопроса не находят должного отражения в средней школе. В основном учебнике физики для 10-го класса люминесценции отводится полстраницы описательного текста без анализа физической сущности явления и без всяких выводов. Хотя в сноске говорится о таком важном применении люминесценции, как для целей освещения, и, что люминесцентные лампы начинают вытеснять электрические лампы освещения. Здесь явное несоответствие между подчеркнутым важным значением люминесценции и тем, что в действительности излагается в учебнике. И больше того, если преподаватель ограничится только материалом учебника, то у учащихся может сложиться ложное понятие о том, что люминесценция возникает исключительно за счет поглощения лучистой энергии.

Разумеется, что в средней школе нельзя излагать теорию люминесценции, но элементы ее физической сущности изложить необходимо. Особенно же следует разработать демонстрационную сторону люминесценции.

Для лучшего вскрытия физической сущности люминесценции изложение темы «Люминесценция» необходимо начать с краткого обзорного повторения пройденного материала, необходимого для усвоения этой темы.

2

Необходимо повторить и обратить внимание учащихся на следующие вопросы:

1) Основными источниками световой энергии до сих пор являлись и еще в подавляющем большинстве являются тепловые или температурные источники света, т. е. раскаленные тела (керосиновые лампы, свечи, газовые рожки и, наконец, электрические лампы).

Особенностью этих источников является: переход какого-либо вида энергии сначала в тепловую энергию и лишь затем частично тепловая энергия переходит в световую. Например, в лампах, свечах, газовых рожках химическая энергия переходит в тепловую (светят раскаленные частички угля в пламени), а в электрических лампах электрическая энергия переходит в тепловую (светит раскаленный металлический волосок лампы).

2) Особенность теплового излучения заключается в том, что все тела и при всякой температуре излучают энергию в окружающее пространство; именно электромагнитную энергию—лучистую энергию, например, излучают: истопленная печь, нагретый утюг, тело человека, кусок льда и т. д.

Но эта лучистая энергия не воспринимается глазом человека. Видимые лучи темнокрасного цвета тела начинают излучать лишь начиная с $T=770°$. По мере повышения температуры тела появляются и другие цвета спектра, а при $T = 1770°$ тело излучает все цвета видимого спектра, которые в смеси дают впечатление белого света.

До тех пор пока температура тела не достигнет $T = 770°$, мы можем израсходовать сколь угодно много

энергии на нагревание тела, но видимой лучистой энергии, т. е. света все же не получим.

3) Рассмотреть кривые распределения энергии в спектре абсолютно черного тела в зависимости от температуры. Обратить внимание на перемещение максимума энергии излучения с изменением температуры — закон Вина.

(Таблица должна быть заранее начерчена на листе бумаги или картона, см. рис. I).

Подчеркнуть, что лишь при температуре Т = 6700° максимум излучения энергии раскаленного тела будет приходиться на видимую часть спектра (около 40%).

При дальнейшем повышении температуры максимум энергии излучения перемещается в область ультрафиолетовых волн, т. е. энергии излучения на видимую часть будет приходиться меньше. Для нечерных тел распределение энергии в спектре будет несколько иным, но общие закономерности, отмеченные для абсолютно черного тела, будут такими же.

Следовательно, максимальный энергетический КПД от теплового источника света мы могли бы получить при Т = 6700°, что составляет около 40% всей излучаемой энергии.

Самой высокой температурой из современных массовых источников света обладает электрическая лампа с вольфрамовой нитью, температура которой достигает 3000° К, а, соответственно, ее энергетический КПД едва достигает 9—10%. Дальнейшее повышение температуры вольфрамовой нити ведет к тому, что нить быстро распыляется — «перегорает».

Все другие тела плавятся раньше, чем температура их достигнет 3000° К. Поэтому тепловые источники света ограничены, в смысле увеличения КПД, отсутствием тел, которые выдерживали бы температуру выше 3000° К, т. е. мы пока ограничены самым высоким КПД=9,%.

Необходимо указать, что повышение экономичности источников освещения имеет большое хозяйственное значение, т. к. около 20% всей вырабатываемой электроэнергии в нашей стране затрачивается для целей освещения, что в переводе на топливо требует затраты многих миллионов тонн угля ежегодно.

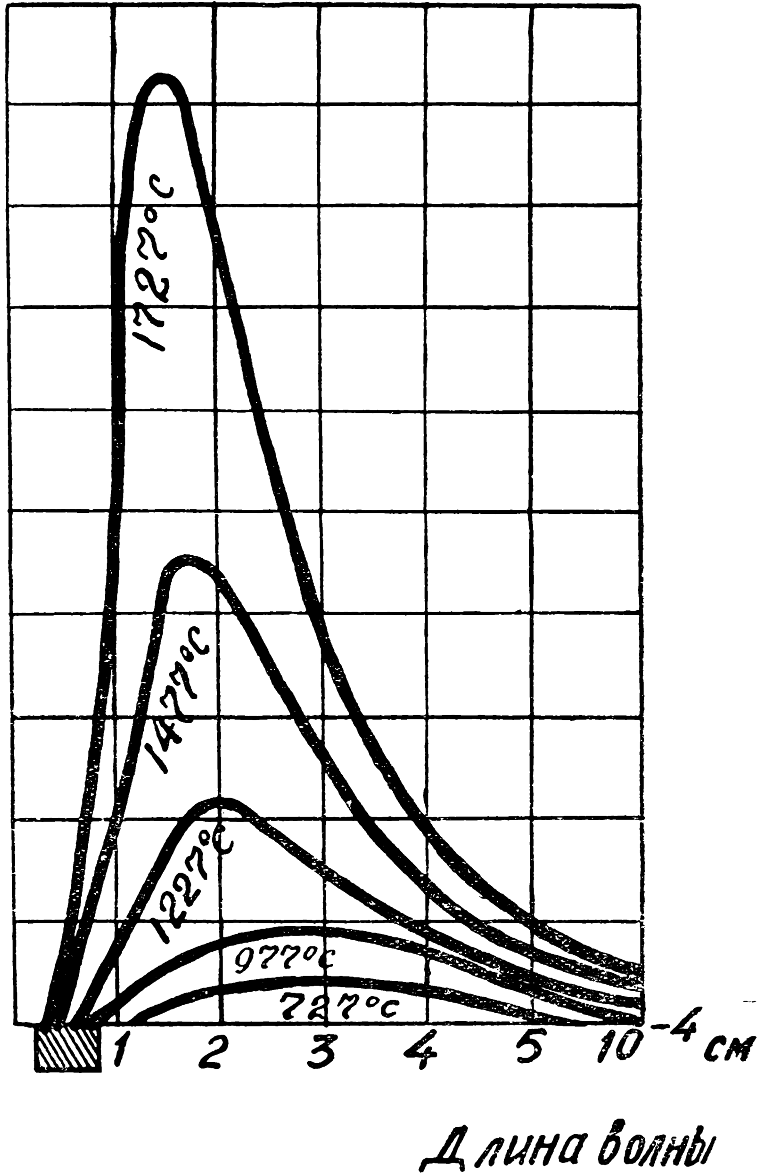
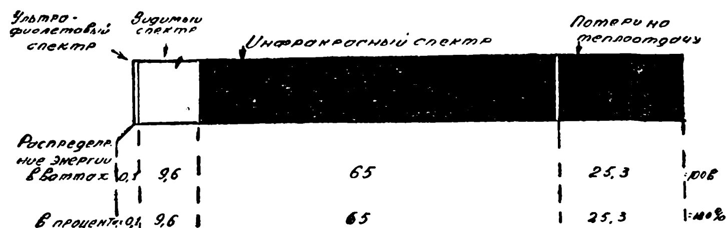


Рис. 1.

4) Необходимо развернуть сплошной спектр от раскаленного волоска лампы или от другого источника света и обратить внимание на то, что видимая часть спектра ограничена с фиолетового конца $\lambda = 380$ мμ а с красного $\lambda = 780$ мμ и что только в этих пределах глаз человека воспринимает энергию излучения в виде света. Но спектр не заканчивается ни на видимом фиолетовом конце и ни на красном, а распространяется в инфракрасную и в ультрафиолетовую области спектра, следовательно, и в инфракрасную и в ультрафиолетовую области лучи уносят энергию бесполезно; с точки зрения светотехники и, кроме того, часть энергии теряется за счет теплопроводности окружающей среды.

Полезно дать следующую таблицу примерного распределения энергии 100-ваттной лампочки:



Указать на неэкономичность тепловых источников света с точки зрения светотехнической и на то, что большая часть энергии уносится инфракрасными лучами (65%) и идет на тепловые потери (25%).

Вывод: все тепловые источники света наряду с видимой частью спектра значительно больше излучают энергии в невидимой инфракрасной области, небольшую долю излучают и в ультрафиолетовой области и, кроме того, значительно теряют энергию на теплоотдачу.

Идеальный источник света, с точки зрения светотехники, не должен терять энергию на излучение в невидимой части спектра и на теплоотдачу.

Такими свойствами не обладают тепловые источники света, их экономичность ограничена самой природой перехода тепловой энергии в световую.

Поэтому в настоящее время физика пошла по пути использования таких источников света, которые не подчиняются законам теплового излучения.

3

В природе существуют такие явления, когда тела излучают видимую лучистую энергию — свет и при обычных температурах, например, при комнатной температуре.

С такими явлениями учащиеся уже знакомы и преподавателю следует напомнить:

свечение светлячков,
свечение гнилушек,
свечение бактерий.

В данных явлениях излучение световой энергии не связано с поглощением тепловой энергии, так как температура, например, светлячков или гнилушек такая же, как и в окружающей среде (тот, кто брал светлячков или гнилушки в руки знает, что температура их ниже температуры тела человека).

Чтобы заставить кусочек железа излучать такой же зеленовато-голубоватый свет (за счет тепловой энергии), как у светлячков и гнилушек, его температуру пришлось бы повысить до 1500° К.

Анализируя излучение световой энергии светлячками, гнилушками, бактериями, на основании закона сохранения энергии, мы должны будем сделать вывод, что в данных явлениях какой-то вид энергии, не превращаясь или почти не превращаясь в тепловую энергию, переходит в энергию излучения — в свет.

Мы разобрали один из частных случаев, именно, когда химическая энергия превращается в световую, но это не единственный случай непосредственного перехода энергии в свет. В природе существуют и такие явления, когда различные виды энергии переходят непосредственно в свет.

Такие явления, когда какой-либо вид энергии, минуя переход в тепловую энергию, превращается в свет, называются люминесценцией.

В зависимости от того, какой вид энергии переходит в люминесценцию, она получает частные названия.

Нижеследующая таблица дает представление о не-

которых частных случаях люминесценции и той энергии, за счет которой она возникает.

Частные случаи люминесценции	Какая энергия переходит в люминесценцию
I. Хемилюминесценция	Химическая
II. Фотолюминесценция	Лучистая (как видимой части спектра, так и невидимой
III. Катодолюминесценция	Катодных лучей (электрическая)
IV. Электролюминесценция	Электрическая
V. Рентгенолюминесценция	Рентгеновых лучей
VI. Триболюминесценция	Механическая
VII. Радиолюминесценция	Радиоактивного распада.

Еще раз подчеркнуть, что все эти виды энергии непосредственно переходят в свет, почти не повышая температуры тела.

4

Многие из перечисленных видов люминесценции можно продемонстрировать на приборах, имеющихся в распоряжении кабинета физики, но даже и в том случае, когда приборы отсутствуют, люминесценция может быть убедительно продемонстрирована на приборах, изготовленных преподавателем.

Демонстрации

I. **Хемилюминесценция.** Доступнее и проще хемилюминесценцию продемонстрировать на кусках гнилушек, если условия позволят достать их. (Рекомендовать учащимся летом обратить внимание на то, что температура светлячков такая же, как и в окружающей среде. Если светлячка взять в руки, то можно почувствовать, что его температура ниже температуры тела человека. То же и с гнилушками).

II. а) Фотолюминесценция. Для демонстрации понадо-

бятся следующие приборы и вспомогательные материалы:

1) Проекционный фонарь (можно воспользоваться аллоскопом, а в крайнем случае просто электрической лампой, чем мощнее, тем лучше, прикрытой коробкой с отверстием для выхода света.

2) Две стеклянных банки, лучше четырехугольных, но можно заменить и круглыми или колбами.

3) Набор цветных фильтров: синий, зеленый, желтый и красный, первый и последний обязательно.

4) Раствор флюоресцеина (в стеклянный пузырек влить 3—4 чайных ложки воды и затем понемногу добавлять флюоресцеина, всякий раз давая ему раствориться).

При внесении первой же порции флюоресцеина обнаружится яркая, зеленого цвета люминесценция. При дальнейшем добавлении флюоресцеина наступит угасание люминесценции, так называемое концентрационное тушение (раствор примет буроватый оттенок).

После этого в раствор следует по каплям добавлять нашатырного спирта, пока люминесценция не восстановится до прежнего свечения.

5) Раствор мыла (в любую баночку накрошить небольшое количество мыла и залить водой).

6) Стеклянные банки (колбы) должны быть наполнены возможно чистой водой.

На рисунке 2 представлено примерное расположение

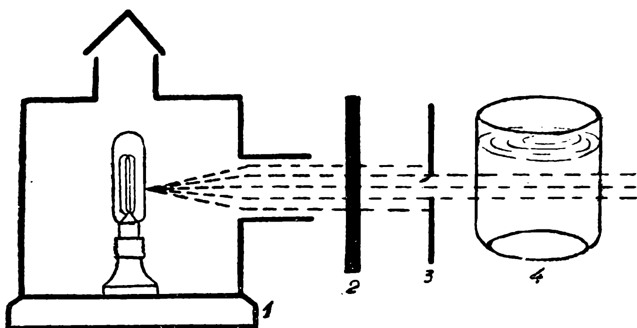


Рис. 2 Примерное расположение приборов для демонстрации фотолюминесценции.
1.- фонарь; 2.- фильтр; 3 - картон с отверстием; 4 - банка с водой.

приборов для демонстрации фотолюминесценции раствора флюоресцеина.

Для того, чтобы не задержать наиболее коротковолновую часть лучей (ближний ультрафиолет), которая наиболее благоприятна для люминесценции, конденсор и объектив следует снять. Для того, чтобы выделить резко ограниченный пучок лучей можно пользоваться куском картона с отверстием.

Порядок демонстрации

1. Пропуская пучок лучей без фильтра в чистую воду, мы едва замечаем путь света. Пропуская пучок через различные, цветные фильтры, мы также едва обнаружим слабо-рассеянный свет различных цветов. Если вода достаточно чистая, то со стороны аудитории прохождение света через воду будет плохо заметно.

2. Капнув несколько капель раствора мыла в воду и размешав, сразу же обнаружим резко очерченный пучок лучей. Пропуская свет вначале без фильтра, а затем через фильтр, обратим внимание на то, что соответственно цвету фильтра мы видим и цвет пучка, проходящего через воду с раствором мыла, т. е. мы наблюдаем самое обычное рассеяние света.

3. Уберем банку с раствором мыла и заменим ее банкой с чистой водой (конечно можно обойтись и одной банкой, но это отнимет время на выливание мыльного раствора, полоскание, заполнение чистой водой и вообще несколько нарушит процесс демонстрации, отвлечет учащихся).

4. Введя несколько капель флюоресцеина в воду, сразу же обнаружим ярко-зеленый пучок лучей, хотя пучок света, входящий в банку, был белый (фильтра перед банкой не было). Ставя синий фильтр, обнаруживаем, что пучок света в банке с раствором флюоресцеина попрежнему зеленый. Делаем вывод, что в данном случае мы наблюдаем не рассеяние света, а собственное свечение раствора флюоресцеина за счет энергии поглощенных лучей белого или синего цвета, т. е. мы наблюдаем люминесценцию, именно фотолюминесценцию.

5. Ставя красный или желтый фильтры, мы уже не обнаружим фотолюминесценции. Едва заметные пучки красного или желтого цвета являются результатом сла-

бого рассеяния света раствором флюоресцеина подобно раствору мыла.

6. Обращаем внимание учащихся на то, что длина волны синего света меньше, чем длина волны фотолюминесценции зеленого света.

В составе белого света также присутствуют лучи синего и голубого света с меньшей длиной волны, чем зеленый свет фотолюминесценции.

Такими лучами фотолюминесценция вызывается. Красные же и желтые лучи света имеют бо́льшую длину волны, чем зеленый свет, и они не вызывают люминесценции.

Делаем вывод: свет люминесценции имеет бо́льшую длину волны, нежели свет, вызывающий ее. Полученная закономерность известна под названием закона Стокса; спектр люминесценции сдвинут в сторону длинных волн по сравнению со спектром возбуждающим.

7. Закрывая выход лучам из фонаря картоном или рукой, обнаружим, что мгновенно прекращается и люминесценция. Опыт проделываем несколько раз. Люминесценция, мгновенно прекращающаяся после прекращения возбуждения, в практике называется флуоресценцией.

8. Обращаем внимание на то, что температура флуоресцирующей жидкости практически не отличается от температуры окружающей среды.

Из имеющихся в продаже приборов, для демонстрации люминесценции жидкостей, можно воспользоваться набором трубок с флуоресцирующими жидкостями.

Но демонстрации люминесценции на наборе трубок менее эффективны, поэтому ими следует пользоваться после того, как уже установлена закономерность люминесценции на вышеописанном опыте с раствором флюоресцеина.

На наборе трубок, не останавливаясь подробно, демонстрируем то, что целый ряд органических растворов обладает способностью люминесцировать.

б) Особенно эффективны демонстрации фотолюминесценции на твердых веществах, которые получили название фосфо́ров (ничего общего не имеют с фо́сфором). Из фосфо́ров, возбуждающихся под действием видимой части спектра, следует рекомендовать борные фосфо́ры,

которые преподаватель без особых затруднений приготовит самостоятельно.

Краткие указания по изготовлению фосфóра. (Подробнее об изготовлении борных фосфóров см. в журнале «Физика в школе», № 4, 1949 г.).

1. Приготовить 2—3 чайных ложки раствора флюоресцеина (см. стр. 12, пункт 4).

2. Взять 2,5 г борной кислоты, половину чайной ложки воды, 1—2 капли раствора флюоресцеина, смешать до получения кашицеобразной массы.

3. Полученную смесь поместить в столовую алюминиевую ложку, разравняв ровным слоем (ложку можно заменить любой баночкой или куском листового алюминия).

4. Ложку поместить на электрическую плитку или любой другой источник тепла и сплавить смесь до образования сплошной стекловидной массы бледного желто-зеленого цвета (важно не пережечь фосфóр; в случае сильного пузырения смесь надо приподнимать над источником тепла, так как температура слишком высокая).

5. Как только фосфóр остынет, проверьте его, поднося днём к окну и через 5—6 сек., убирая от окна и прикрывая от влияния света, наблюдайте люминесценцию. Вечером или в затемнённой комнате фосфóр следует подносить к электрической лампе, как можно ближе, на 5 — 6 сек., а затем, выключая свет, наблюдать люминесценцию.

6. Если люминесценция получается слабая, бледно-голубого цвета, то изготовление фосфóра повторяйте всякий раз, увеличивая только количество флюоресцеина на 1 каплю. Из 3—4 проб выберите наиболее удачный фосфóр.

7. Для изготовления фосфóра больших размеров следует, пропорционально площади банки или листа алюминия, увеличить все составные части наиболее удачной пробы, приготовленной вначале.

Расположение приборов для демонстрации фотолюминесценции борного фосфóра см. на рис. 3.

Порядок демонстрации

1. Фосфóр подносим вплотную к фонарю (фильтр отсутствует) и через 5—6 сек., прикрыв свет рукой или картоном, обращаем фосфóр к аудитории.

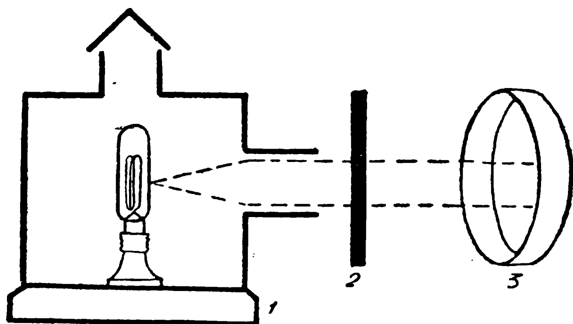


Рис. 3. Примерное расположение приборов для демонстрации фотолюминисценции.
1- фонарь; 2- фильтр; 3 - баночка с фосфором

В течение 8—12 сек. при хорошем затемнении наблюдается медленное затухание яркой голубовато-зеленой люминесценции (опыт повторить 2—3 раза).

Люминесценция, продолжающаяся в течение заметного времени после прекращения возбуждения, в практике называется фосфоресценцией.

2. Пропуская свет через синий фильтр, наблюдаем, что фосфоресценция возбуждается как и белым пучком света (в котором также присутствует и синий свет).

3. Пропускаем свет через желтый, затем красный фильтры, обнаруживаем, что желтый и красный свет не вызывают фосфоресценции.

4. Делаем вывод, что закон Стокса применим и к люминесценции твердых тел.

5. Подчеркиваем, что температура фосфóра такая же, как и в окружающей среде.

6. Объясняем, что под действием ультрафиолетовой части спектра люминесцирует большое количество минералов и различных веществ. Целый ряд веществ не люминесцирует при обычных температурах, но при низкой температуре начинает люминесцировать, так, например, при температуре жидкого воздуха, яичная скорлупа, творог и др. под действием ультрафиолетовых лучей становятся люминесцирующими.

III. **Катодолюминесценция.** Наиболее интересной и убедительной демонстрация получается на установке, соб-

ранной самим преподавателем. Принципиальная схема катодолюминесцентной установки изображена на рис. 4.

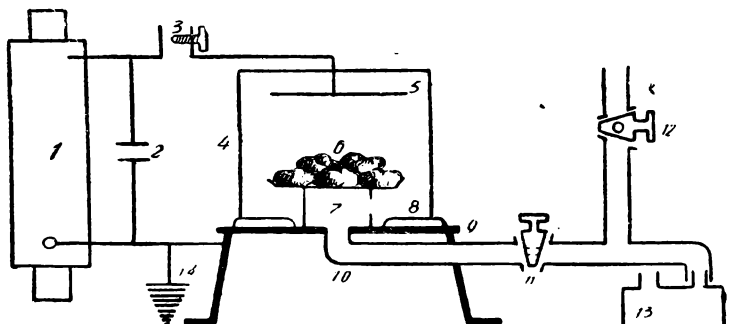


Рис. 4. 1 - катушки Румкорфа, 2 - конденсатор, 3 - разрядник, 4 - катодная ячейка, 5 - алюминиевый катод; 6 - испытуемое вещество, 7 - металлическая подставка; 8 - резиновая прокладка, 9 - металлическая тарелка, 10 - трубка к насосу, 11 и 12 - стеклянные краны; 13 - насос, 14 - соединение на землю.

Краткие указания по сборке катодолюминесцентной установки

(Подробное описание установки см. в журнале «Физика в школе», № 4, 1948 г.).

Для сборки установки понадобятся следующие приборы и вспомогательные материалы:

1. Аккумулятор или какой-либо другой источник постоянного тока.

2. Катушка Румкорфа (может быть использована обычная катушка школьного типа с молоточковым прерывателем).

3. Форвакуумный насос (лучше использовать насосы Пфейфера или Геде с приводом от мотора, но можно использовать и ручной насос Камовского).

4. Конденсаторы (две Лейденские банки школьного типа).

5. Тарелка от воздушного колокола.

6. Искровой разрядник (можно изготовить самостоятельно).

7. 2 стеклянных крана (хорошо притертых).

8. Трубки для вакуумной проводки (металлические, или стеклянные, или толстостенные резиновые).

9. Листовая резина по размерам тарелки (можно использовать старую автомобильную камеру).

10. Листовой алюминий для изготовления катода (примерно 8 x 8 см²).

11. Цилиндрическая стеклянная банка-ячейка (можно использовать от прибора Гарячкина).

12. Провода для подвода высокого напряжения (необходимо брать с хорошей изоляцией).

13. Пицеин или сургуч (лучше пицеин).

14. Коммутатор (можно использовать и обычный однополюсный рубильник).

Для облегчения быстрой сборки установки на рис. 5 приводится наглядная схема примерного расположения приборов.

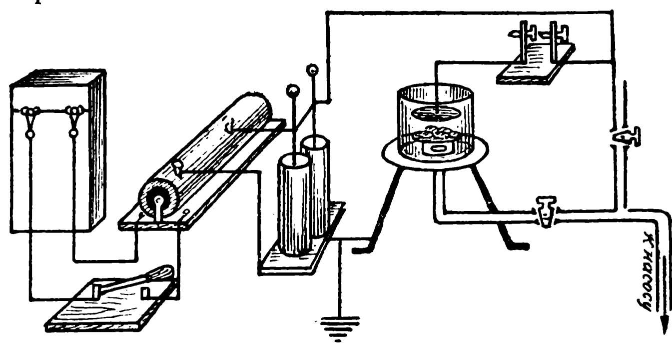


Рис. 5

Место ввода катода в банку (на рис. 4—5) тщательно заливается пицеином (сургучом). Листовую резину на тарелку следует посадить на расплавленный пицеин или сургуч (на рис. 4—8).

Порядок демонстрации

1. Испытуемые образцы минералов кладутся на металлическую подставку 7 (рис. 4), накрываются ячейкой 4, которая сверху придавливается рукой и затем пускается насос.

2. Минуты через 3—5 подаем напряжение на ячейку (включением рубильника первичной цепи) и определяем

степень разрежения (по отсутствию свечения газа в ячейке). Как только достигнуто достаточное разрежение, ячейка отключается от насоса при помощи крана 11, а насос через кран 12 соединяется с атмосферой и только после этого останавливается.

3. При помощи разрядника 3 достигается необходимое напряжение, о чем судим по яркости свечения минералов. (Для устранения световых помех, искровой разрядник следует прикрыть картонным колпачком).

4. Выключая напряжение, наблюдаем длительный процесс затухания фосфоресценции. Обращаем внимание на то, что цвет фосфоресценции различен у различных минералов и различно время затухания. Облучение повторяем 2—3 раза, всякий раз доводя фосфоресценцию до максимальной яркости, и только после этого выключаем напряжение.

5. Включив напряжение, в течение 1—2 мин. производим облучение минералов до получения максимальной яркости свечения. Быстро вскрываем ячейку (через кран 11 и 12 соединить ячейку с атмосферой), а фосфоресцирующие образцы передаем в аудиторию (некоторые образцы дают заметное послесвечение до 10 минут и больше).

Учащиеся, получив облученные образцы на руки, убеждаются, что свечение не связано с температурным излучением.

В данном случае преподавателю не составляет трудности объяснить принципиальную разницу между люминесценцией и тепловым излучением.

Методическая сторона такой (активной) демонстрации вполне очевидна, учащиеся убеждаются, что в данном явлении они имеют дело с своеобразной аккумуляцией энергии.

Практические советы

Необходимые образцы минералов можно подобрать в кабинете минералогии или из школьной коллекции по минералогии. В качестве образцов (фосфóров), дающих яркое свечение, рекомендуются кальциты, шеелиты, флюориты.

При наличии большого количества различных минералов можно быстро отобрать образцы с наиболее яркой люминесценцией. Для этого нужно подставку 7 (см. рис. 4) заполнить имеющимися минералами и подвергнуть их облучению. Наблюдение покажет, какие образцы дают наиболее яркое свечение, а выключение напряжения позволит отобрать образцы с наиболее длительным послесвечением.

При пользовании насосом Камовского рекомендуется ячейку делать небольших размеров, для чего можно использовать любую стеклянную банку, диаметром и высотой порядка 6—7 см. Стенки ячейки не должны быть слишком тонкими, иначе она может быть раздавлена атмосферным давлением.

При наличии одного крана, его следует ставить первым к ячейке (на рис. 4—11), а кран 12 заменить резиновой трубкой с зажимом Гофмана. При отсутствии кранов для вакуумпроводки, следует пользоваться резиновым шлангом.

Из имеющихся в продаже приборов для демонстрации катодолюминесценции можно использовать:

1) катодную трубку с фосфоресцирующим экраном;

2) катодную трубку с фосфоресцирующим экраном для демонстрации отклонения катодного луча действием магнитного поля;

3) трубку с фосфоресцирующим порошком;

4) трубку с набором люминесцирующих минералов (из старых приборов).

Демонстрации на перечисленных трубках, хотя и показательны, но уступают по эффекту демонстрации на катодолюминесцентной установке, как по внешнему, так и непосредственно физическому, с точки зрения восприятия существа явления, так как из готовых трубок нельзя извлечь фосфóры и обследовать их. Кроме того, смена различных трубок отвлекает внимание учащихся от существа вопроса. Учащиеся обращают внимание вначале на различные новые для них приборы, а само явление связывается с особенностью и формой приборов.

Перечисленными трубками (1-й и 2-й) удобно пользоваться в дополнение к установке для показа практического использования фосфоресценции.

IV. Электролюминесценция

Демонстрация просто и убедительно осуществляется на установке, изображенной на рис. 4, для чего из ячейки следует удалить подставку — 7.

Порядок демонстрации

1. Придавить ячейку сверху рукой и пустить насос.
2. Замкнуть первичную цепь рубильником (тем самым подаем напряжение на ячейку).

3. Через 1—2 мин. уже будет проявляться люминесценция разреженного газа (тлеющий разряд).

При помощи крана 11 можно зафиксировать любое положение люминесценции, отключив ячейку от насоса. Соединив насос через кран 12 с атмосферой, останавливаем его.

4. Обращаем внимание на то, что люминесценция разреженного газа происходит при обычной температуре, при которой окружающие тела не дают видимых лучей.

5. Закрыв кран 12, пускаем насос и только после этого открываем кран 11. Производя дальнейшее разрежение, обращаем внимание на то, что соответственно степени разрежения газа меняется цвет люминесценции.

Так как в задачу не входит изучение свойств тлеющего разряда в зависимости от степени разрежения, то демонстрация убедительно проводится и с насосом Камовского.

Из имеющихся в продаже приборов для демонстрации электролюминесценции газов можно использовать:

1. Шкалу пустот по кроссу.
2. Трубки Гейслера.
3. Трубки, наполненные неоном (комплект к трансформатору Тесла), которые можно возбуждать и от трансформатора Тесла и от катушки Румкорфа.
4. Неоновые лампы (можно включать и в городскую сеть и возбуждать от катушки Румкорфа и от трансформатора Тесла).
5. Светорекламные трубки.

V. Рентгенолюминесценция

Проще всего рентгенолюминесценцию продемонстрировать на экране к рентгеновской трубке, который представляет собой кусок картона, покрытого фосфóром — платино-синеродистым барием или сернистым цинком.

Следует указать на использование свойств люминесценции для обнаружения невидимых лучей — лучей Рентгена.

VI. Триболюминесценция

Явление люминесценции, возникающее в результате затрачивания механической энергии при дроблении, разламывании, разрыве, получило название триболюминесценции.

Триболюминесценция наблюдается при растирании в порошок кристалликов различных фосфóров, например, сернистого цинка. Триболюминесценция наблюдается при разрушении некоторых кристаллических веществ даже и не фосфóров, например, сахар при разламывании или растирании в порошок дает слабую, но вполне заметную люминесценцию — триболюминесценцию. При разрывании изоляционной ленты также наблюдается заметное свечение.

Вследствие слабого эффекта триболюминесценции на подручных материалах ее не следует демонстрировать в аудитории.

Следует рекомендовать учащимся проделать дома опыты по наблюдению триболюминесценции при разламывании руками небольших кусков сахара или при разрывании изоляционной ленты.

VII. Радиолюминесценция

Фосфóры люминесцирующие (фосфоресцирующие) за счет энергии радиоактивного распада получили название радиофосфóров или фосфóров постоянного действия.

Существенным в радиофосфóрах является то, что к обычным фосфóрам, например, сернистому цинку, добавляются соли какого-либо радиоактивного вещества. Таким образом, кристаллики фосфóра находятся под непрерывным воздействием радиоактивного облучения и не-

прерывно фосфоресцируют — светят. Отсюда и название радиофосфóры — фосфóры постоянного действия.

Изготовление радиофосфóров в школьных условиях связано с большими затруднениями, а поэтому следует воспользоваться готовыми радиофосфóрами, употребляющимися в практике: циферблаты и стрелки часов и компасов иногда покрываются светящимся составом, который и является радиофосфóром.

В практике радиофосфóры получили большое распространение для покрытия всевозможных указателей, приборов, пультов управления и т. д., которыми необходимо пользоваться при выключенном освещении или в случае аварии осветительной сети.

Например, в военном деле, в авиации и в танковой технике, ответственные детали (все ручки управления, указатели и шкалы радиостанций), связанные с управлением самолетами и танками, покрываются радиофосфóрами так, чтобы и в случае аварий осветительной сети можно было управлять самолетом и танком.

Перед началом изложения явления радиолюминесценции полезно задать вопрос, почему у некоторых часов стрелки и циферблат светятся в темноте.

В подавляющем большинстве случаев ответ получается стандартный:

«Стрелки и циферблат покрыты фóсфором».

Преподавателю представляется случай исправить неправильное, укоренившееся в повседневном обиходе, понятие и разъяснить сущность свечения, т. е. радиолюминесценцию. Такой прием вызывает повышенный интерес у учащихся к явлению радиолюминесценции.

Индивидуальные наблюдения радиолюминесценции можно рекомендовать на спинтарископе.

Подведя итог всем продемонстрированным явлениям перехода различных видов энергии в свет при помощи люминесценции, необходимо отметить:

1. В люминесценцию могут переходить различные виды энергии.

2. Во всех случаях энергия переходит непосредственно в свет — в световую энергию, минуя превращение в тепло (напомнить, что учащиеся имели в руках люминесцирующие образцы минералов).

3. Следует отметить, что в случае люминесценции за счет какого-либо вида энергии, часть ее все же переходит

и в тепловую, но это составляет незначительную долю. Температурное состояние тела изменяется настолько незначительно, что практически считают его неизменным, тем более, что температура люминесцирующего тела слишком далека от температуры тепловых источников света.

4. Люминесцирующие тела выгодно отличаются от тепловых источников света с высокой температурой, т. к. почти не имеют потерь на теплоотдачу (для электрической лампы потери на теплоотдачу составляют более 25%).

Необходимо обратить внимание еще на одну очень важную физическую особенность люминесценции — на спектральный состав.

1. В большинстве случаев люминесценции спектральный состав ограничен небольшой областью длин волн. В частности, во всех случаях продемонстрированных явлений люминесценции мы имели дело со спектрами только в видимой области длин волн и на весьма ограниченном участке. Для большей убедительности полезно рассмотреть кривые распределения энергии в спектре некоторых фосфоров (см. рис. 6). Таблицу заготовить заранее и сравнить с кривыми температурного излучения (см. рис. 1).

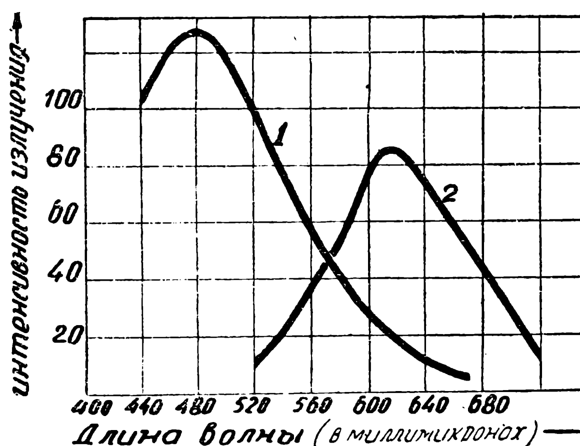


Рис 6 Распределение энергии, излучаемой некоторыми фосфорами по длинам волн 1 - вольфрамат магния, 2 - цинк - бериллий - силикат

2. Некоторые вещества дают люминесценцию в ультрафиолетовой области, а некоторые в инфракрасной. В зависимости от потребности используется люминесценция, как видимой, так и невидимой области спектра.

3. При использовании люминесценции для целей освещения — мы можем избавиться от самой большой потери энергии излучения в невидимой области спектра (ультрафиолетовой и особеннно инфракрасной, а для тепловых источников света эта потеря составляет более 65%).

Вывод: люминесценция не подчиняется законам теплового излучения и очень выгодно отличается от него с точки зрения светотехники.

6

Принципиально можно построить такие люминесцентные источники света, которые почти 100% поглощаемой энергии будут превращать в свет.

Например, лампы, наполненные парами металла натрия, до 85% электрической энергии превращают в желтый свет люминесценции с длиной волны в 589 мμ.

Высокой экономичностью обладают неоновые, аргоновые лампы и газосветные трубки, люминесцирующие красным и синеватым цветом. Но человеческий глаз не приспособлен к монохроматическому свету и очень быстро утомляется. Кроме того, окружающие предметы под действием монохроматического света приобретают неестественную и даже неприятную окраску, например, кожа человека при свете натровой лампы становится зеленовато-желтой. Поэтому натровые, неоновые и аргоновые лампы нашли свое применение в основном в светорекламной технике.

Большее распространение получили ртутные лампы (наполненные парами ртути). Поглощая электрическую энергию, они дают сложный спектр люминесценции как в ультрафиолетовой, так и в видимой области спектра.

Но максимальная доля энергии (свыше 60%) приходится на ультрафиолетовое излучение, тогда как в видимой области излучается от 3 до 6%. Такие лампы используются в области медицины — «горное солнце», в пищевой промышленности, для уничтожения бактерий и обнаружения испорченных продуктов при консервировании (испорченные продукты начинают люминесцировать), а также для исследовательских целей.

Советские физики, под руководством выдающегося ученого, академика С. И. Вавилова, сконструировали замечательные люминесцентные лампы, которые также называются лампами дневного света или лампами холодного света.

Люминесцентная лампа представляет собой стеклянную трубку, заполненную парами ртути и газом аргоном (см. рис. 7).

Размер лампы зависит от напряжения и мощности. Современные люминесцентные лампы изготовляются из стеклянных трубок, диаметром 16—54 мм и длиной 230—1500 мм.

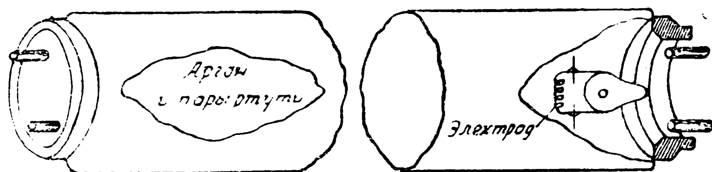


Рис 7. Внешний вид люминесцентной лампы

Электрическая энергия, подаваемая от сети электрического освещения (120 v или 220v), превращается атомами ртути в ультрафиолетовое излучение. (Атомы аргона уменьшают длину свободного пробега электронов, чем способствуют некоторой концентрации электронов в трубке. Для возбуждения атомов аргона требуется бóльшая энергия, чем для атомов ртути, поэтому излучение происходит почти исключительно с атомов ртути).

Внутренняя часть трубки покрыта мельчайшими кристалликами различных фосфóров, которые, поглощая ультрафиолетовое излучение, даваемое атомами ртути, превращают его в видимые лучи, т. е. с бóльшей длиной волны (закон Стокса).

Кристаллический порошок составляется из смеси различных кристалликов, которые люминесцируют различными монохроматическими цветами, но так, чтобы общий цвет люминесценции по своему спектральному составу был близким к солнечному спектру (рис. 8).

Люминесцентные лампы имеют исключительное значение с точки зрения гигиенической, т. к. они дают свет

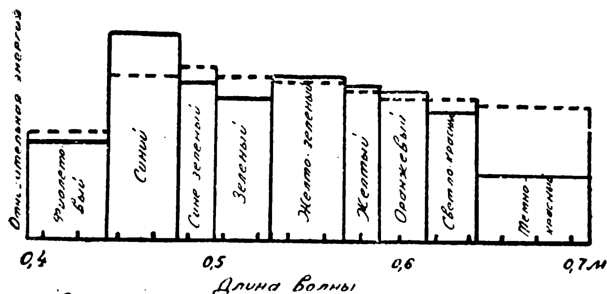


Рис 8 Сравнительное распределение энергии в лампе дневного света и естественном свете (пунктир)

сколько угодно близкий к естественному, дневному свету. Следовательно и в ночное время человек будет работать при естественном свете, это снижает утомляемость и повышает производительность труда.

В ряде отраслей промышленности люминесцентные лампы просто незаменимы: в текстильных, типографских, бумажных и других.

Всем хорошо известно, что вечером или ночью при искусственном освещении тепловыми источниками света мы теряем способность ориентироваться в цветах. При освещении же люминесцентными лампами мы разбираемся в цветах так же, как и днем.

По своей экономичности люминесцентные лампы в 3—4 раза превосходят лампы электрические. Это имеет огромное хозяйственное значение. Так, например, замена всех электрических ламп в СССР люминесцентными дало бы экономию в электроэнергии, превосходящую электроэнергию, вырабатываемую Днепрогэсом, в 5—6 раз.

В настоящее время люминесцентные лампы выпускаются во все возрастающем количестве. В первую очередь такими лампами оборудуются фабрики, заводы, институты и общественные здания.

Безусловно, что в ближайшие несколько лет люминесцентные лампы будут применяться в бо́льшем количестве, нежели лампы электрические.

* * *

Вопросы использования люминесценции в различных областях практики и исследовательской работы следует вынести на работу физического кружка. Сборку катодолюминесцентной установки (рис. 5) и изготовление бор-

ных фосфóров также можно вынести на работу физического кружка.

Для работы физического кружка можно рекомендовать следующие темы:

Доклады: 1) Холодный свет.

2) Лампы холодного света.

Работы: 1) Изготовление борных фосфóров.

2) Сборка катодолюминесцентной установки.

ЛИТЕРАТУРА

С. И. Вавилов, Действия света, 1922 г.

В. Л. Левшин, Светящиеся составы, 1936 г.

Н. Ф. Жиров, Люминофоры, 1940 г.

А. В. Луизов, Лампы дневного света. Журн. «Физика в школе», № 1, 1949 г.

С. И. Вавилов, О «теплом» и «холодном» свете, 1949 г.

В. Л. Левшин, Холодный свет, 1938 г.

Л. А. Тумерман, Свет и его источники, 1947 г.

Н. И. Выгановский*), Ученые записки, Иркутский гос. пед. инст., вып. VI, 1941 г.

Н. И. Выгановский, Демонстрация люминесценции, Журн. «Физика в школе», № 4, 1948 г.

Н. И. Выгановский, Демонстрация люминесценции (статья вторая), Журн. «Физика в школе», № 4, 1949 г.

*) Качественный катодолюминесцентный анализ минералов.

П. К. Будыхо
Доцент, кандидат химических наук

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «ВАЛЕНТНОСТЬ» в 7-м классе

Успешное выполнение важнейших задач, поставленных перед изучением основ химии, зависит от научности преподавания. Естественной основой развертывания курса химии в средней школе на всех годах обучения является периодический закон Д. И. Менделеева и электронная теория, так как они лежат в основе современной химической науки.

Разработка методики преподавания химии должна протекать на этой же основе. Учитывая это, многие учителя химии пользуются периодической системой элементов Д. И. Менделеева и электронной теорией как основной путеводной нитью на всем протяжении курса, начиная с 7-го класса.

Понятие о валентности — одно из важнейших понятий в химии. До появления сколько-нибудь конкретных сведений о строении атомов, валентность была определена как число атомов водорода, с которым может соединиться или которое может заместить атом данного элемента. Ясно, что ограничиться этим определением валентности в 7-м классе нельзя, особенно в неполной средней школе, когда ученик, окончив школу, не будет знаком с научной трактовкой этого понятия.

Опыт учителей школ г. Ульяновска, а также студентов-практикантов, показывает, что можно и необходимо уже в 7-м классе знакомить учащихся с валентностью в доступной для них форме, пользуясь периодической системой Д. И. Менделеева и электронной теорией.

Уроки, на которых учащиеся 7-го класса знакомились с валентностью, давались следующего содержания.

1-й урок

Строение атомов

Учитель сообщает учащимся о том, что, согласно атомно-молекулярному учению, в состав всех веществ входят мельчайшие, химические неразложимые частицы, называемые атомами.

Каждый атом характеризуется определенными свойствами. Имеются атомы с одинаковыми и различными свойствами. Вид атомов с одинаковыми химическими свойствами называется химическим элементом.

Мельчайшей частицей элемента является атом. В природе существует столько элементов, сколько имеется видов атомов. В настоящее время известно 96 элементов, которые размещены в периодической системе элементов Д. И. Менделеева.

При соединении атомов одного вида образуется простое вещество, а при соединении атомов разных видов образуется сложное вещество. Мельчайшие частицы простых и сложных веществ, способные к самостоятельному существованию и обладающие всеми химическими свойствами данных веществ, называются молекулами.

Учитель обращает внимание учащихся на висящую в классе таблицу и говорит о том, что знаменитый русский химик Д. И. Менделеев открыл периодический закон и создал на его основе периодическую систему химических элементов.

Далее учитель дает краткую биографию Менделеева. Всегда приходится наблюдать, с каким особым вниманием и чувством слушают учащиеся о жизни и деятельности великих русских химиков. При кратком изложении биографии Менделеева показывается его труд «Основы химии» и при этом цитируются слова Менделеева: «Эти «ОСНОВЫ» — любимое дитя мое... В них мой образ, мой опыт педагога и мои задушевные научные мысли». Обычно после этого учащиеся берут книги о Менделееве и с интересом читают о его жизни и деятельности. После этого учитель продолжает рассказывать о том, что долгое время в науке считали атомы простыми, ни при каких условиях далее неделимыми частицами. Впоследствии же оказалось, что атомы являются сложными частицами.

Ученые пришли к выводу, что атом состоит из ядра, заряженного положительным электричеством и вращающихся вокруг него электронов. В пространстве между вращающимися электронами и ядром атома действуют особые электрические силы, удерживающие электроны около ядра.

Число электронов, вращающихся вокруг ядра, равно его положительному заряду, отчего атом в целом нейтрален.

Оказалось, что положительный заряд ядра равен порядковому номеру элемента (числу Менделеева) в периодической системе.

Например, у атома элемента алюминия с числом Менделеева равным 13-ти, положительный заряд ядра будет равен +13, а число электронов будет —13, поэтому атом в целом не имеет заряда.

Электроны в атомах вращаются на различных расстояниях от ядра. Электроны, более удаленные от ядра, образуют так называемый наружный электронный слой атома. Учитель рассматривает таблицу, на которой изображены схемы строения атомов (см. учебник, рис. 125, стр. 302).

Рассматривая схемы строения атомов, учитель обращает внимание учащихся на то, что окружающие ядро электроны разбиваются на электронные слои, что число электронов в наружном слое изменяется от 1 до 8.

2-й урок

Валентность

Благодаря развитию теории строения атомов, мы можем ответить на вопрос: что такое валентность элементов?

Учитель говорит, что атомы инертных газов не вступают в химические реакции потому, что их наружный электронный слой является очень устойчивым. У атома гелия в наружном слое находится 2 электрона и по 8-ми электронов у остальных атомов инертных газов (учитель показывает на таблице схему строения атомов).

Атомы других химических элементов, у которых в наружном слое меньше 8-ми электронов, стремятся при образовании химических соединений приобрести у себя

в наружном слое также устойчивый 8-ми электронный слой. Наука объясняет причины устойчивости 8-ми электронных наружных слоёв, но объяснения эти очень сложны, а поэтому о них мы не будем говорить.

Этого они достигают путем присоединения недостающего числа электронов до 8-ми, или путем потери электронов.

При этом атомы получают электрические заряды. Например, атом азота (число Менделеева=7), имеющий в наружном слое 5 электронов, может присоединить к себе еще 3 электрона. Тогда в наружном электронном слое его будет находиться 8 электронов и строение его атома будет сходно со строением атома инертного газа неона. Так как общий заряд электронов в атоме будет равен —10, а заряд ядра равняется +7, то атом азота получит электрический заряд =—10+7=—3.

При отдаче всех 5-ти наружных электронов, у атома азота возникает наружный слой, сходный по строению с наружным слоем атома инертного газа гелия.

Так как заряд ядра равен +7, а заряд оставшихся электронов —2, то атом азота будет иметь заряд =+7—2=+5.

Следовательно, при потере атомом электронов, он будет иметь положительный заряд, а при присоединении электронов, он приобретает отрицательный заряд.

Потеря или присоединение электронов атомами происходит при химических реакциях, в частности, когда происходит образование сложного вещества из простых веществ.

Число потерянных или присоединенных атомом электронов определяет его так называемую валентность. Иначе говоря, валентность элемента равна числу зарядов, которые несет атом данного элемента. Если атом имеет отрицательный заряд, то элемент имеет отрицательную валентность. Например, атом азота, после присоединения им 3-х электронов, имеет отрицательный заряд, равный —3, поэтому говорят, что он отрицательно трехвалентен. После потери 5-ти электронов, заряд у атома азота равен +5, поэтому говорят, что азот положительно пятивалентен.

Как, пользуясь периодической системой Д. И. Менделеева, можно определять валентность элементов?

Все элементы в таблице разбиваются на 9 групп. Первые семь групп делятся еще каждая на 2 подгруппы — главную и побочную (учитель показывает на таблице, как отличить главную подгруппу от побочной).

Изменение валентности элементов в соответствии с группами в периодической системе связано со строением их атомов.

Все элементы, находящиеся в главных подгруппах, а также в побочных подгруппах 1-й и 2-й групп (кроме меди и золота) имеют наибольшую положительную валентность, равную номеру группы или числу электронов в наружном слое атома.

У элементов, находящихся в побочных подгруппах (кроме 1-й и 2-й), наибольшая положительная валентность равна разности между числом электронов в двух последних слоях и числом 8. Например, у хрома, молибдена и вольфрама она равна $(1+13)-8=+6$, т. е. также она равна номеру группы.

Обозначая через Э химические знаки элементов, мы будем иметь:

1) В первой группе ($Э^{+1}$) положительно одновалентные элементы (за исключением меди и золота).

2) Во второй группе ($Э^{+2}$) положительно двухвалентные элементы.

3) В третьей группе ($Э^{+3}$) положительно трехвалентные элементы и т. д.

Положительная валентность изменяется от $+1$ до $+8$.

Элементы главных подгрупп IV—VII групп могут терять и присоединять электроны, т. е. проявлять положительную и отрицательную валентность.

Атомы этих элементов присоединяют столько электронов, чтобы в наружном слое всего их было 8.

Число электронов, которое атомы этих элементов могут присоединить, находится по разности между числом 8 и номером группы, в которой находится элемент.

Например, атом кислорода может присоединить к себе $8-6=2$ электрона и иметь отрицательную валентность, равную двум **(—2)**.

Разность между числом 8 и номером группы показывает, сколько электронов атом данного элемента должен присоединить, чтобы его наружный слой стал устойчивым и состоял из 8-ми электронов.

Обозначая элементы главных подгрупп IV—VII групп через Э, будем иметь:

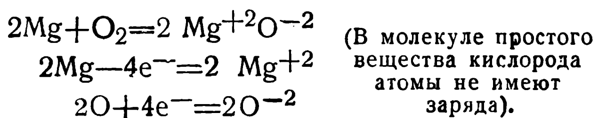
1) В четвертой главной подгруппе отрицательно четырехвалентные и положительно четырехвалентные элементы 8—4=4, $Э+4e^-=Э^{-4}$ и $Э-4e^-=Э^{+4}$.

2) В пятой главной подгруппе отрицательно трехвалентные и положительно пятивалентные элементы 8—5=3, отсюда $Э+3e^-=Э^{-3}$ и $Э-5e^-=Э^{+5}$ и т. д.

3-й урок

Образование молекул. Составление формул окислов

При изучении кислорода мы наблюдали горение простых веществ в чистом кислороде и отмечали образование их окислов.



$$2Mg+O_2=2\,Mg^{+2}O^{-2}$$
$$2Mg-4e^-=2\,Mg^{+2}$$
$$2O+4e^-=2O^{-2}$$

(В молекуле простого вещества кислорода атомы не имеют заряда).

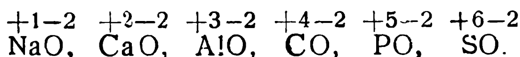
Молекулы окиси магния образуются потому, что при химической реакции два атома магния теряют 4 электрона, а два атома кислорода их присоединяют. Образуются положительные атомы магния и отрицательные атомы кислорода, которые, будучи разноимённо заряженными, притягиваются друг к другу и образуют две молекулы окиси магния. Таким же образом получаются молекулы $\overset{+4-2}{SO_2}$, $\overset{+4-2}{CO_2}$, $\overset{+5-2}{P_2O_5}$. Атомы кислорода в химических соединениях всегда отрицательно двухвалентны.

По формуле соединения можно определить валентность элемента, зная, что в молекуле соединения у атомов сумма положительных и отрицательных зарядов равна нулю.

Например, в соединении $\overset{+6-2}{SO_3}$ у трёх атомов кислорода заряд равен—6, следовательно у атома серы заряд будет +6, так как сумма —6+6=0. В $\overset{+4-2}{NO_2}$ азот положительно четырехвалентен, так как у двух атомов кислорода заряд равен —4.

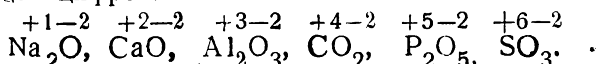
Пользуясь понятием о валентности, учитель приступает к составлению формул окислов и предлагает составить формулы окислов натрия, кальция, алюминия, углерода, фосфора, серы.

Пишет химические знаки и обозначает валентность:



$$\overset{+1-2}{NaO},\ \overset{+2-2}{CaO},\ \overset{+3-2}{AlO},\ \overset{+4-2}{CO},\ \overset{+5-2}{PO},\ \overset{+6-2}{SO}.$$

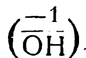
Для того, чтобы сумма положительных и отрицательных зарядов атомов была равна нулю, нужно изменить число атомов в некоторых молекулах, что отмечается соответствующей цифрой.



$$\overset{+1-2}{Na_2O},\ \overset{+2-2}{CaO},\ \overset{+3-2}{Al_2O_3},\ \overset{+4-2}{CO_2},\ \overset{+5-2}{P_2O_5},\ \overset{+6-2}{SO_3}.$$

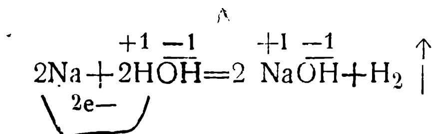
Учитель предлагает составить формулы других окислов и дает задание на дом.

При вышеуказанном подходе к изучению понятия валентности, учащиеся с самого начала проявляют интерес к изучению химии и знания их при дальнейшем изучении тем «Щелочи», «Важнейшие кислоты, основания, окислы и соли» являются более прочными. Так, например, учащиеся узнают, что процесс образования едкого натра, при взаимодействии натрия с водой, теоретически объясняется следующим образом. Если написать формулу воды в виде $\overset{+1-2+1}{HOH}$, то группа OH несет заряд, равный $-2+1=-1$, т. е. она отрицательно одновалентна и называется водным остатком, или гидроксилом



$(\overset{-1}{\overline{OH}})$.

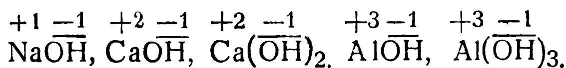
Образование NaOH происходит следующим образом:



$$2Na + 2H\overset{+1\,-1}{\overline{OH}} = 2\,Na\overset{+1\,-1}{\overline{OH}} + H_2\uparrow$$

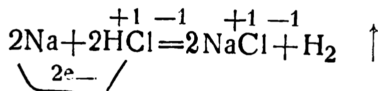
(2e—)

При изучении оснований легко составляются их формулы:



$$\overset{+1\,-1}{Na\overline{OH}},\ \overset{+2\,-1}{Ca\overline{OH}},\ \overset{+2\,-1}{Ca(\overline{OH})_2},\ \overset{+3\,-1}{Al\overline{OH}},\ \overset{+3\,-1}{Al(\overline{OH})_3}.$$

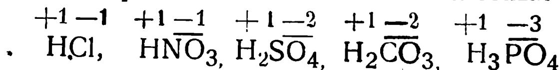
Также учащимся будет понятно, почему происходит выделение водорода, при взаимодействии некоторых металлов с соляной кислотой:



$$2Na + 2\overset{+1}{H}\overset{-1}{Cl} = 2\overset{+1}{Na}\overset{-1}{Cl} + H_2\uparrow$$

Особо важное значение приобретает такой подход при ознакомлении учащихся с составом и составлением формул солей.

Учитель определяет валентность кислотных остатков:

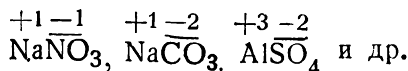


$$\overset{+1}{H}\overset{-1}{Cl},\quad \overset{+1}{H}\overset{-1}{\overline{NO_3}},\quad \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{\overline{SO_4}},\quad \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{\overline{CO_3}},\quad \overset{+1}{H_3}\overset{-3}{\overline{PO_4}}$$

Зная валентность металла и кислотного остатка, легко составить формулу соли.

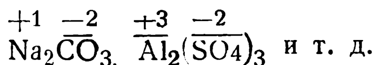
Например, составим формулы азотнокислого натрия, углекислого натрия, сернокислого алюминия и др.

Пишем знаки атомов металлов и кислотных остатков и обозначим их валентность:



$$\overset{+1}{Na}\overset{-1}{\overline{NO_3}},\quad \overset{+1}{Na}\overset{-2}{\overline{CO_3}},\quad \overset{+3}{Al}\overset{-2}{\overline{SO_4}}$$ и др.

Чтобы сумма положительных и отрицательных зарядов была равна нулю, необходимо изменить число атомов металла и кислотных остатков:



$$\overset{+1}{Na_2}\overset{-2}{\overline{CO_3}},\quad \overset{+3}{\overline{Al_2}}\overset{-2}{(\overline{SO_4})_3}$$ и т. д.

Если на такой же основе будет изучена в 7-м классе тема «Железо и другие металлы», где будет дано понятие об окислительно-восстановительных процессах, лежащих в основе выплавки металлов из руд, учащиеся 7-го класса получат прочные знания по химии, предусмотренные программой.

СОДЕРЖАНИЕ





ЗМ09849. Зак. 4900. Тираж 500 экз.
Объём 15 печ. листов + 2 вклейки.
Форм. бум. $60 \times 84^{1}/_{16}$.
Подписано к печати 25/V 1951 г.

гор. Ульяновск,
тип. Облполиграфуправления
ул. Ленина, 114.